

Conceção de Novo Sistema de Montagem de Aparelhagens para a Distribuição Elétrica Secundária

Maria Magalhães Castelo Branco

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Eng.º Paulo Luís Cardoso Osswald



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2018-07-02

*Aos meus pais e
a todos aqueles que foram um pilar fundamental na minha formação*

Resumo

A presente dissertação focou-se no estudo do sistema de montagem de uma gama de aparelhagens de média tensão utilizadas para a distribuição de energia elétrica secundária. A montagem deste produto é atualmente executada em estaleiro, não existindo um fluxo do produto no chão de fábrica, mas sim dos operadores.

Para responder ao crescimento da procura previsto para os próximos 3 anos, revela-se necessária uma mudança total do sistema de montagem atualmente utilizado para estes produtos. Assim, realizou-se um estudo dos diferentes tipos de aparelhagens e das opções existentes, uma identificação dos artigos de maior importância relativa nas vendas (análise ABC), um mapeamento de toda a cadeia de valor dos produtos, um estudo de tempos e métodos, um levantamento dos equipamentos de movimentação/elevação utilizados e das características da mão de obra disponível, uma análise dos desperdícios detetados e, finalmente, o cálculo das métricas e dos indicadores mais relevantes para o presente projeto.

Conhecidas as características do produto e a realidade em que este se insere, foi possível realizar o projeto proposto. Concluiu-se que se deveria optar por um sistema de montagem constituído por 4 linhas *One Piece Flow* com um total de 17 postos de trabalho. Integradas nestas linhas *One Piece Flow*, surgiu a necessidade de se criarem também 4 grupos de postos de trabalho fixos, 4 *buffers* e 1 posto dedicado à resolução de problemas. Foram encontrados 2 *layouts* possíveis para a nova linha, um que respeita as limitações de área atualmente existentes, e outro que sugere algumas alterações às restrições atuais impostas ou que se adequa a outras instalações industriais.

Neste novo sistema de montagem, as celas circularão com a utilização de AGVs e os bordos de linha estarão atrás dos operadores. Os métodos de abastecimento a utilizar serão o *junjo*, o *kitting* e o *kanban*, consoante o posto de trabalho em causa. Foi também analisado o fluxo de informação exigido, as necessidades de mão de obra e de formação para a implementação deste projeto, tendo-se sugerido algumas propostas para melhorias e projetos futuros, tais como soluções para a eliminação dos *mudas* encontrados, o uso de ajudas visuais, a utilização de *tablets* industriais, o desenvolvimento de um algoritmo de auxílio ao planeamento e a criação de *buffers* entre as linhas.

A implementação do projeto desenvolvido permitirá reduzir a área fabril utilizada em cerca de 59%, o *Cycle Time* em 59%, o *Lead Time* em 93% e o WIP em 66%, permitindo atingir os objetivos inicialmente propostos.

Conception of a New Switchgear Assembly System for Electrical Secondary Distribution

Abstract

This master thesis presents a detailed study of a range of medium voltage switchgears used for the distribution of secondary electric power. The assembly of these products is carried out in a fixed position, therefore there are no products flowing on the factory floor, so the workers are the ones who move.

Due to the foreseen increase of demand for the next 3 years, a complete change of the current assembly system is needed. In order to accomplish this goal, the different types of switchgears and their components were studied, the items with a major importance on the product's sales were identified (ABC analysis), the entire product's value chain was mapped, a study of times and methods was done, the handling/lifting equipment in use was identified as well as the characteristics of the current labor. Finally, the most relevant metrics and key performance indicators for this project were calculated and an analysis of the existing waste was performed.

After acquiring a deep knowledge about the product's features and the environment where it is assembled, it was possible to carry out the proposed project. The conclusion was that 4 One Piece Flow lines with a total of 17 workstations should be chosen. Within these lines, there is the need to create 4 fixed workstations groups, 4 buffers and 1 workstation dedicated to problem solving. Two possible layouts were found for the assembly system, one that respects the existing area limitations, and another that suggests some changes to the current imposed constraints or that is suitable for other industrial facilities.

Along this new assembly system, the cells will be moved with the use of AGVs and the borders of line will be positioned on the workers' backs. The supply methods that should be used are junjo, kitting and kanban, depending on the work station. The information flow needed and the labor and training needs for the implementation of this project were also studied, as well as different proposals for improvement and future projects, such as solutions to eliminate the waste, the use of visual aids and industrial tablets, the development of a production planning algorithm and the creation of buffers between the assembly lines.

The implementation of the developed project will reduce the used manufacturing area by about 59%, the Cycle Time by 59%, the Lead Time by 93% and the WIP by 66%. Consequently, it is possible to say that the initially proposed goals are achievable.

Agradecimentos

A elaboração deste projeto de dissertação não teria sido possível sem inúmeras pessoas que me acompanharam ao longo deste processo, desta forma não podia deixar de lhes agradecer:

À orientadora do projeto na Efacec AMT, Eng.^a Ágata Sousa, por toda a dedicação, paciência e conhecimento transmitidos ao longo dos últimos meses.

A todos os colaboradores da empresa, pela partilha de experiência e conhecimento, o que permitiu uma integração rápida e natural e facilitou a execução do meu trabalho.

Ao meu orientador académico, Eng.^o Paulo Osswald, por toda a disponibilidade e profissionalismo demonstrados no desenrolar desta dissertação.

Aos meus amigos e familiares por todo o apoio incondicional e motivação.

Índice de Conteúdos

1. Introdução	1
1.1 Enquadramento do Projeto – Apresentação da Empresa	1
1.2 O Projeto “Conceção de Novo Sistema de Montagem de Aparelhagens para a Distribuição Elétrica Secundária” na Efacec AMT	2
1.3 Objetivos do Projeto	3
1.4 Metodologia Seguida.....	4
1.5 Estrutura da Dissertação	4
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1 <i>Lean</i>	5
2.2 Estudo de Tempos e Métodos	12
2.3 <i>Design</i> do <i>Layout</i>	12
2.4 Definição de uma Linha de Produção e o seu Balanceamento	13
2.5 Abastecimento da Produção.....	14
3. Apresentação do Processo do Normafix	16
3.1 Normafix 24 e 36.....	16
3.2 Análise ABC.....	18
3.3 <i>Layout</i> da Fábrica Atual e Sistemas de Armazenamento	19
3.4 Mapeamento do Processo.....	20
3.5 Determinação de Gamas Operatórias.....	24
3.6 Meios de Movimentação e/ou Elevação Utilizados	25
3.8 Cálculo de Métricas e Indicadores	26
4. Soluções Propostas	30
4.1 Novo Sistema de Montagem	30
4.2 Estudo de Tempos	32
4.3 Definição do Novo Sistema de Montagem e Balanceamento das suas Linhas	33
4.4 Meios de Movimentação e/ou Elevação Necessários.....	40
4.5 Sugestões de <i>Layout</i> e Rota <i>Mizusumashi</i>	41
4.6 Bordos de Linha e o seu Método de Abastecimento	43
4.7 Falta de Material	44
4.8 Fluxo de Informação.....	44
4.9 Necessidades de Mão de Obra/Formação.....	44
4.10 Identificação e Eliminação dos <i>Mudas</i>	46
4.11 Recálculo de Métricas e KPIs	46
5. Conclusões e Perspetivas de Projetos Futuros	48
5.1 Cumprimento de Objetivos e Conclusões	48
5.2 Trabalhos Futuros	49
Referências	51
ANEXO A: O Grupo Efacec.....	54
ANEXO B: Produtos da Efacec AMT	55
ANEXO C: Análise ABC	56
ANEXO D: <i>Layout</i> Atual	58
ANEXO E: Mapeamento de Processos Multinível.....	60
ANEXO F: Estudo de Tempos.....	70
ANEXO G: Balanceamento das Linhas	74
ANEXO H: Meios de Movimentação/Elevação.....	77
ANEXO I: Hipóteses de <i>Layouts</i> Possíveis	81
ANEXO J: Bordos de Linha	89
ANEXO K: Matrizes de Flexibilidade e Atribuição de Tarefas	93
ANEXO L: <i>Mudas</i>	97

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

AMT – Aparelhagem de Alta e Média Tensão

CBT – Compartimento de Baixa Tensão

CIS – Cella Proteção Transformador

DIVAC – Disjuntores de Média Tensão

Efacec – Empresa Fabril de Ateliers de Componentes Elétricos de *Charleroi*

EPS – Efacec *Power Solutions*, S.A.

FAT – *Factory Acceptance Test*

FIFO – *First-In, First-Out*

FNC – Ficha de Não Conformidade

IS – Cella Interruptor Seccionador

ISF – Interruptor Seccionador Rotativo de Três Posições com Isolamento em SF₆

KPI – *Key Performance Indicator*

LMA – Lista de Material Anexo

MPS – *Master Production Schedule*

MT – Média Tensão

MTM – *Methods-Time Measurement*

OTD – *On Time Delivery*

PCI – Plano Conjunto de Implantação

REVAC – Religador Aéreo de Corte no Vácuo

SAK – *Standard Assembly Kit*

SEE – Sistema Elétrico de Energia

SF₆ – Hexafluoreto de Enxofre

SOP – *Standard Operating Procedures*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work in Progress*

Índice de Figuras

Figura 1 - Representação do sistema elétrico de energia.....	2
Figura 2 - Produção em grandes lotes num <i>layout</i> funcional	12
Figura 3 - Exemplo de um gráfico de processo	13
Figura 4 - Exemplo de gráfico <i>Yamazumi</i>	14
Figura 5 - Representação esquemática da composição típica de um quadro Normafix	16
Figura 6 - Fotografia de um Normafix 24	17
Figura 7- Quadro resumo dos diferentes tipos de celas.....	17
Figura 8 - Gráfico de Pareto Normafix 24.....	19
Figura 9 - Fotografia da produção em estaleiro do Normafix 24	20
Figura 10 - Esquema representativo geral da sequência de tarefas do processo Normafix.....	35
Figura 11 - Esquema representativo do processo Normafix para os produtos tipo "A"	36
Figura 12 - Detalhes relativos à banca dedicada ao Embalamento	40

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Quadro resumo dos artigos Normafix 24 Tipo "A"	18
Tabela 2 - Quadro resumo dos artigos Normafix 36 Tipo "A"	19
Tabela 3 - Análise de diversos fatores temporais relativos aos artigos tipo "A"	25
Tabela 4 - Determinação do <i>bottleneck</i> do processo Normafix.....	27
Tabela 5 - Quadro resumo de vantagens e desvantagens: Junção vs. Separação do Normafix 24 e 36	31
Tabela 6 - Sequência de componentes a incorporar no Normafix.....	34

1. Introdução

A presente dissertação foi desenvolvida em ambiente empresarial, na unidade de negócio de Aparelhagem de Alta e Média Tensão (Efacec AMT) do grupo Efacec, na sede da empresa localizada no polo da Arroiteia.

O foco deste projeto foi a especificação de um novo sistema de montagem para substituir o atualmente existente. O novo sistema destina-se aos produtos de distribuição de energia elétrica secundária Normafix 24 e 36, pertencendo estes a uma vasta gama de soluções de alta e média tensão que a empresa apresenta aos seus clientes.

1.1 Enquadramento do Projeto - Apresentação da Empresa

1.1.1 O Grupo Efacec

A história do Grupo Efacec iniciou-se há mais de 100 anos, sendo que a EPS – Efacec *Power Solutions*, SA., foi formada em 2014. Esta passou a ser constituída por um portfólio de empresas com todos os meios de produção, tecnologias e competências para as atividades nos domínios das soluções de Energia, Engenharia, Ambiente, Transportes e Mobilidade Elétrica, incluindo também uma extensa rede de filiais, sucursais e agentes espalhados por 4 continentes.

Atualmente, o Grupo está presente em mais de 65 países espalhados pelo mundo, contando com cerca de 2330 funcionários na totalidade (Efacec 2018b).

Em 2016, o volume de negócios foi de 212,7 milhões de euros, sendo que cerca de 74% desse volume é o resultado do perfil fortemente exportador do grupo.

Finalmente, de forma a fornecer uma visão mais global da empresa, esta divide-se em produtos, sistemas e mobilidade elétrica. Assim, pode-se compreender que dentro do sistema Energia, existem 5 áreas de atividade:

- ✓ Aparelhagem;
- ✓ *Service*;
- ✓ Automação;
- ✓ Transformadores;
- ✓ Comercial de Produtos.

1.1.2 O Mercado dos Produtos Efacec

O Grupo Efacec lidera o mercado nacional no fornecimento de soluções integradas e de equipamentos no mercado da produção, transmissão e distribuição de energia. Tal como se pode observar na Figura 1, estas constituem as principais fases do fornecimento de eletricidade aos consumidores finais, sendo este percurso da energia elétrica designado Sistema Elétrico de Energia (SEE).

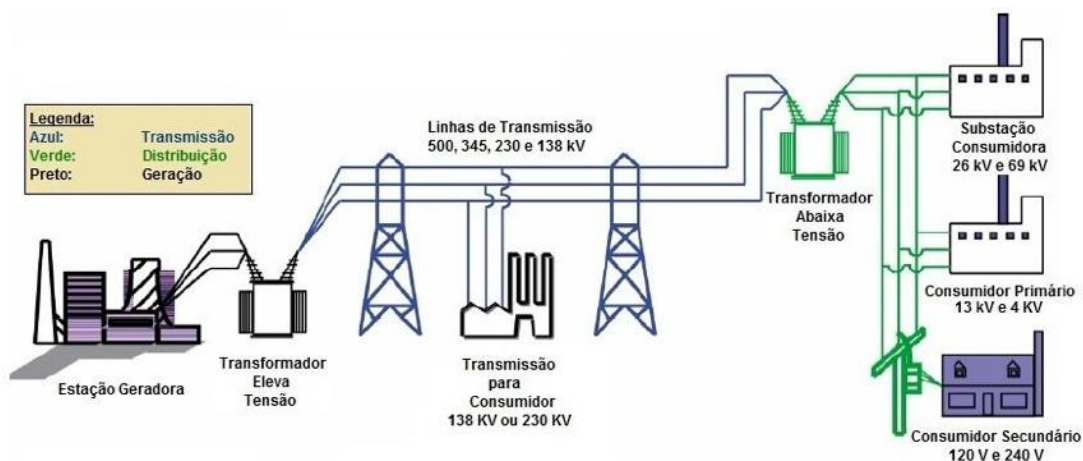


Figura 1 - Representação do sistema elétrico de energia (Carvalho 2016)

Importa lembrar que todo o sistema de distribuição se encontra protegido por aparelhagens (produtos da Efavec AMT) que podem ser constituídas por diversos componentes, tais como disjuntores e fusíveis, por exemplo. Mais concretamente, a gama de produtos Normafix, produtos alvo desta dissertação, são produtos para a distribuição elétrica secundária e integram o SEE imediatamente antes dos transformadores que convertem média tensão em baixa tensão.

1.1.3 A Unidade de Negócio - Efavec AMT

A presente dissertação foi realizada no departamento de Engenharia Industrial da Unidade de Negócio de Aparelhagem de Alta e Média Tensão (AMT), que se insere na área de atividade de Energia da Efavec. Esta unidade lidera o mercado português e é, neste momento, uma referência a nível mundial no desenvolvimento de soluções para produção, transmissão, distribuição e utilização de energia elétrica em alta e média tensão.

A unidade apresenta um vasto e completo portefólio de produtos para alta e média tensão, sendo a sua estratégia competitiva a diferenciação. Assim, o cliente é o foco da sua atividade e atenção, e a aposta é num mercado de soluções customizadas e desenvolvidas à medida de cada cliente e de cada desafio.

A Efavec AMT oferece um serviço integral e chave-na-mão, incluindo não só o fabrico dos produtos, mas também a sua instalação e um serviço pós-venda. Assim, é globalmente reconhecida pela sua flexibilidade, pela proximidade existente entre o departamento comercial e os clientes, e ainda pelas certificações de qualidade e gestão de que é detentora (Efavec 2018a).

O portefólio de clientes da Efavec AMT é bastante diversificado, nele estão incluídos desde construtores de pequenos edifícios, a hospitais, metros, e sobretudo grandes distribuidores de energia elétrica de toda a parte do mundo. Quanto aos seus concorrentes, a Efavec AMT distingue-se não por apresentar soluções económicas, visto que não consegue competir com os preços dos produtos estandardizados produzidos em países com custos reduzidos de mão de obra das grandes multinacionais do setor, mas sim pelo atendimento ao cliente e por toda a customização e flexibilidade que possibilita aos seus clientes.

1.2 O Projeto “Conceção de Novo Sistema de Montagem de Aparelhagens para a Distribuição Elétrica Secundária” na Efavec AMT

Fruto da crescente competitividade e exigência do mercado da distribuição de energia elétrica, assim como da necessidade de afirmar a sua posição no mercado atual, a Efavec AMT tem vindo a focar-se, cada vez mais, na melhoria contínua de toda a sua cadeia de valor.

Tendo como objetivo final o sucesso do grupo e como estratégia o foco nos seus clientes, a Efacec AMT tem a preocupação diária de encontrar soluções à medida de cada cliente, o que resulta numa dinâmica interna extremamente complexa. Por outro lado, apesar da aposta na customização dos seus produtos, é fundamental mantê-los a preços competitivos e os tempos de entrega dentro dos prazos estipulados com os clientes.

De forma a complementar o trabalho contínuo da equipa de Engenharia Industrial, a empresa tem investido fortemente em projetos de melhoria dos sistemas de montagem dos seus produtos, para transformar por completo os seus processos e ser capaz de acompanhar o enorme crescimento que se prevê no futuro próximo, sendo este o terceiro projeto deste género desenvolvido internamente. Foi neste contexto que surgiu a proposta da presente dissertação.

Mais concretamente, o tema desta dissertação surgiu da necessidade de se repensar todo o sistema de montagem do Normafix 24 e 36. Neste, existem 3 aspetos fulcrais a serem analisados:

- Em primeiro lugar, os processos de montagem, ensaio e expedição são estáticos, sendo os operadores que se deslocam até ao produto;
- Em segundo lugar, os processos em vigor são pouco sistematizados, já que dependem fortemente da performance e experiência de cada trabalhador;
- Finalmente, existe um grande número de celas com a produção parada, devido à falta de componentes.

1.3 Objetivos do Projeto

O presente projeto teve como objetivo principal a apresentação de uma proposta bem estruturada e fundamentada de transformação da montagem atual dos produtos da gama Normafix, criando fluxo de produtos ao longo do chão de fábrica. A implementação deste projeto está prevista para um horizonte temporal de 3 a 5 anos, logo um dos pontos de partida para o mesmo foram os valores de crescimento da procura previstos até ao ano 2021. Para que tais objetivos fossem atingidos, foi necessário:

- Realizar um mapeamento exaustivo do processo atual, desde que os produtos iniciais chegam às instalações da empresa, até que sejam expedidos;
- Tendo como dados os objetivos de vendas e produção para o ano de 2021, a equipa de Engenharia teve de encontrar o *Standard Assembly Kit* (SAK) que consiga satisfazer as necessidades dos clientes em 80% dos casos. O SAK encontrado será como que um máximo divisor comum do produto final que será montado;
- Com base no SAK encontrado pretende-se repensar diversos aspetos relacionados com o sistema de montagem do produto final vendido:
 - ✓ O *layout* (apresentando duas soluções, uma sem limitações de área e outra com a área disponível atual);
 - ✓ O balanceamento das linhas produção que possam existir no novo sistema de montagem;
 - ✓ O abastecimento de materiais;
 - ✓ As necessidades de equipamento de movimentação/elevação;
 - ✓ A possibilidade de automatização de algumas tarefas;
 - ✓ A diminuição das deslocações dos trabalhadores, transformando alguns dos seus movimentos como parte integrante da logística interna;
 - ✓ O desenho das trajetórias *mizusumashi* para o novo sistema de montagem;
 - ✓ A implementação de ajudas visuais;
 - ✓ A segurança na movimentação das celas.
- Analisar as diferentes propostas de melhoria e optar apenas por aquelas que trazem melhorias e benefícios notórios face à situação atual;

- Propor projetos que pareçam ser interessantes e relevantes para o novo sistema desenvolvido.

Este projeto, apesar de se inserir no portfólio de projetos da equipa de engenharia industrial, foi desenvolvido de forma individual e com a finalidade de servir como ponto de partida para a sua implementação. Com este projeto de dissertação, a empresa pretende que se reduza a área destinada à produção, o *Cycle Time* e o *Work in Progress* (WIP) em 50%, sendo que, consequentemente, irá diminuir o *Lead Time* e o *On Time Delivery* (OTD). O OTD objetivo é de 90%.

1.4 Metodologia Seguida

A metodologia utilizada para a realização deste projeto, divide-se nas seguintes etapas:

1. Levantamento de dados relativos ao estado atual da cadeia de valor da gama de produtos Normafix;
2. Análise dos problemas detetados e estudo de diferentes propostas de melhoria possíveis, comparando-as;
3. Projeção de um novo sistema de montagem com recurso à filosofia e ferramentas *Lean*;
4. Avaliação da solução escolhida com base em métricas e indicadores chave;
5. Identificação de possíveis limitações da proposta apresentada e sugestão de projetos futuros que se revelem interessantes.

1.5 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é constituída por 5 capítulos e respetivos anexos.

No primeiro capítulo, é realizado um enquadramento do projeto de dissertação no contexto empresarial em que foi desenvolvido, fazendo-se assim uma apresentação do grupo, do mercado em questão e da empresa. São também explicadas as razões da necessidade do projeto, quais os seus objetivos e que metodologia foi utilizada para o seu desenvolvimento.

No segundo, é feita uma breve revisão bibliográfica dos temas e conceitos que suportaram a realização da presente dissertação.

No terceiro, é realizada uma descrição pormenorizada do sistema de montagem, eletrificação e expedição atualmente existente para os produtos Normafix 24 e 36 e uma análise crítica do método existente para determinar as gamas operatórias, dos meios de movimentação/elevação utilizados, assim como das métricas e indicadores do estado atual.

No quarto, são apresentadas as propostas de melhoria escolhidas e é realizada uma explicação detalhada da abordagem utilizada. São também comparados os diversos cenários possíveis de soluções.

No quinto e último capítulo, são retiradas conclusões sobre qual a melhor forma encontrada para a resolução dos problemas inicialmente descritos, sendo também apresentadas algumas limitações da mesma e sugestões para projetos futuros.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Lean

O conceito de *Lean Manufacturing*, *Lean Production* ou simplesmente *Lean* é uma filosofia que se centra na redução de desperdícios e de custos produtivos, resultando assim num aumento de competitividade (Earley 2018b; Gomes et al 2013).

2.1.1 Princípios *Lean Thinking*

Após anos de experiência e de um estudo prolongado do *Toyota Production System* (origem do conceito *lean*), Womack e Jones (1996) descreveram o conceito *Lean Thinking* como “um antídoto poderoso para o desperdício”, quando os seus 5 princípios chave são aplicados corretamente:

- **Valor** - deve ser definido para cada produto em particular e tomando sempre o ponto de vista do consumidor final; uma determinada característica ou serviço só acrescenta valor se o cliente estiver disposto a pagar por isso;
- **Cadeia de valor** - deve ser identificada para cada produto e é constituída por todas as tarefas que adicionam valor ao mesmo ou que são estritamente necessárias; todas as outras deverão ser eliminadas;
- **Fluxo contínuo** - o fluxo da cadeia de valor deverá tender para o conceito *One Piece Flow*, isto é, a cadeia de valor deverá ser um conjunto de tarefas desempenhadas de forma contínua e em que produtos são movidos peça a peça (sem lotes de produção);
- **Sistema Pull** - a produção/montagem de um produto irá ser desencadeada pela encomenda do cliente e não o contrário, realizando-se desta forma uma produção *Just-In-Time* e que vai sempre de encontro às necessidades (produz-se a quantidade certa no momento certo, eliminando a acumulação de *stocks* intermédios e finais);
- **Procura da perfeição** - depois de implementados os princípios anteriormente referidos, a perfeição torna-se um objetivo cada vez mais próximo, sendo que esta luta pela excelência e pela melhoria deve ser feita de forma incessante e constante. Este princípio vai ao encontro da filosofia de melhoria contínua *Kaizen* e só é possível com um forte envolvimento de todos os colaboradores da empresa e com uma mudança intrínseca de mentalidades.

Pode-se, assim, compreender que estes 5 princípios são os pilares nos quais qualquer empresa se deve apoiar na implementação do *Lean Production* nos seus processos (Womack e Jones 1996).

2.1.2 Os 7 Tipos de Desperdícios

De acordo com Ohno (1988), a eliminação do desperdício, conhecido no Japão por *muda*, é uma das formas mais eficientes de aumentar a produtividade de qualquer negócio. Apesar dos produtos e dos processos de cada organização serem distintos, Ohno identificou 7 tipos de desperdício que se encontram quase sempre presentes:

1) Sobreprodução

A sobreprodução consiste no fabrico de um produto antes de ele ser realmente necessário pelo cliente e esta é uma prática muito cara para uma empresa. Geralmente, a sobreprodução é utilizada para atenuar elevados tempos de *setup* e pode ser considerada a origem dos outros tipos de desperdício (Pereira 2009).

A solução mais simples para este tipo de *muda* é produzir apenas aqueles produtos que irão ser imediatamente consumidos por um cliente interno ou vendidos e expedidos para um cliente externo (*Just-In-Time*), incrementando assim a capacidade e rapidez de *setup* e pondo em evidência a origem dos problemas que se encontravam antes escondidos (EMS Consulting Group INC. 2003).

2) Tempos de Espera

Os tempos de espera ocorrem sempre que existam máquinas ou trabalhadores parados, sendo que este é o resultado de dois processos interdependentes não se encontrarem completamente sincronizados. Tipicamente, uma elevada percentagem do *Lead Time* dos produtos resulta da falta de material, meios e/ou informação, o que demonstra que o fluxo de material é pobre, podendo tal problema ser consequência de uma má coordenação entre máquina e trabalhadores, de períodos elevados de *setup* e de problemas de qualidade e fiabilidade (Earley 2015).

3) Transporte

O transporte entre as diferentes tarefas que constituem a cadeia de valor, resulta em custos adicionais no processo, sem valor adicional no produto. Por outro lado, o excesso de manipulação e movimentação do mesmo pode até danificá-lo ou deteriorar a sua qualidade.

Para solucionar este tipo de desperdício recomenda-se recorrer ao mapeamento do fluxo dos produtos, de forma a facilitar a compreensão relativamente a que tarefas devem estar próximas entre si (EMS Consulting Group INC. 2003).

4) Processamento excessivo

O processamento excessivo é o *muda* que se deve a uma má perceção daquilo que é valor acrescentado num produto na perspetiva do cliente, tendo como consequência a execução de trabalho desnecessário pelo qual este não se encontra disposto a pagar. Um exemplo que retrata este tipo de *muda* é a execução de polimentos muito caros para peças nas quais a estética não é um aspeto relevante (Earley 2015; Jackson e M.S. 2013; Henderson 2004).

5) Inventário desnecessário

O WIP é um resultado direto da sobreprodução. Este excesso de inventário resultará em áreas de produção sobredimensionadas e em atrasos na identificação de problemas.

A diminuição do WIP poderá resultar num incremento no serviço ao cliente se a flexibilidade produtiva aumentar. Resultará também numa diminuição dos custos associados à posse e armazenamento de inventário (EMS Consulting Group INC. 2003).

6) Movimentações

Este tipo de desperdício encontra-se relacionado com o movimento desnecessário de pessoas, movimentos estes que não acrescentam valor ao produto ou serviço em questão. Este tipo de desperdício encontra-se indiretamente relacionado com a ergonomia dos processos, já que alguns desperdícios de movimentações poderão comprometer a saúde e/ou a segurança no trabalho (EMS Consulting Group INC. 2003; Pereira 2009).

7) Defeitos e reparações

Os *mudas* relacionados com problemas de qualidade irão resultar em tempo desperdiçado em tarefas de reparação ou na necessidade de nova produção, o que obviamente resulta em perdas monetárias significativas nas organizações. Este tipo de desperdício é geralmente encoberto por *stocks* maiores e implica tarefas acrescidas de controlo de qualidade, de planeamento e uma perda de capacidade produtiva.

A solução para este tipo de problemas passa por uma mudança de mentalidade no que toca ao controlo de qualidade, devendo cada colaborador ser responsável por avaliar e assegurar a qualidade do seu trabalho, tratando o operador da tarefa seguinte como o seu cliente.

Por fim, importa referir que Liker (2004) adicionou um oitavo tipo de *muda* à lista original de Ohno. Este último tipo de desperdício é o **subaproveitamento de colaboradores**. Muitas empresas esquecem-se que os seus trabalhadores são a sua maior força para combater os desperdícios, para a melhoria contínua e para o incremento da produtividade das suas organizações. Assim, é fundamental respeitá-los, motivá-los e alimentar a sua criatividade e capacidade de pensar (Pereira 2009).

2.1.3 Ferramentas *Lean*

5S

O método dos 5S é tipicamente uma das primeiras ferramentas *Lean* que as organizações optam por implementar, visto que este é uma das fundações do *Lean Production System*. Os 5S podem também ser definidos como uma ferramenta para desenvolver uma avaliação, uma organização e uma limpeza de forma sistemática.

O nome desta ferramenta tem origem nas 5 palavras japonesas que definem esta metodologia de trabalho:

1. *Seiri* (Triagem) – É preciso separar aquilo que é necessário, daquilo que não é, ou seja, é fundamental eliminar do espaço de trabalho tudo o que seja inútil. Objetos desnecessários nos bordos de linhas contribuem apenas para dificultar o fluxo de trabalho.
2. *Seiton* (Organização) – É preciso colocar cada objeto no seu lugar, isto é, organizar o espaço de trabalho eficazmente. Esta fase corresponde à melhoria do fluxo e à simplificação da disposição das ferramentas e equipamentos no posto de trabalho, de forma a minimizar os movimentos do operador.
3. *Seiso* (Limpeza) - É necessário ter um ambiente de trabalho limpo e cuidado, sendo que esta fase é dedicada a uma limpeza inicial.
4. *Seiketsu* (Normalização) – É fundamental estabelecer *standards* claros para a arrumação e limpeza. Esta fase consiste na unificação e sistematização dos conceitos e processos anteriormente referidos, de forma a manter as boas condições nos postos de trabalho.
5. *Shitsuke* (Disciplina) – É imprescindível a contribuição de todos para que o processo de melhoria continue e seja bem-sucedido. A quinta e última fase tem como objetivo preservar as fases anteriores através da autodisciplina e controlo (por via de auditorias, por exemplo), evitando que se retomem os hábitos iniciais.

Apesar de, por vezes, surgirem dificuldades na implementação deste método, tais como a falta de disciplina por parte dos funcionários ou a falha na transmissão da informação necessária à correta aplicação do mesmo, o sucesso no uso dos 5S traduz-se numa acrescida produtividade, uma maior segurança no trabalho, o que irá consequentemente resultar num aumento da motivação dos trabalhadores dadas as novas condições de trabalho e o aumento de qualidade do seu próprio trabalho.

Os 5S, quando implementados corretamente, tornam-se numa excelente ajuda à gestão visual, já que dão visibilidade aos problemas, permitindo a sua deteção e correção (Gomes et al 2013).

Mapeamento de Processos da Cadeia de Valor

Para que seja possível implementar com sucesso um programa de melhoria de qualidade, é fundamental o completo entendimento das características que o cliente pretende encontrar no produto/serviço, assim como a total compreensão do processo em si e das variáveis do mesmo.

De forma a atingir a compreensão referida, é necessário o mapeamento dos processos. O mapeamento de processos da cadeia de valor consiste em detalhar as tarefas específicas que são executadas ao longo de toda a cadeia de valor ou de apenas uma porção da mesma. Algumas das principais ferramentas de mapeamento são o *Value Stream Mapping* (VSM), o *Flow Charting* e o *Brown Paper Exercise*.

As ferramentas referidas são utilizadas para identificar e assinalar passos desnecessários dos processos, possibilitando a criação de mapas do estado futuro e de planos de ação de melhoria contínua e de simplificação dos processos. O mapa do estado futuro fornece à equipa responsável pelo mesmo uma visão clara de aonde se pretende chegar com um determinado projeto.

Os *flowcharts* simples de apenas um nível, apesar de serem bastante úteis para uma visualização geral do processo, revelam-se incapazes de fornecer o pormenor necessário ao estudo que será realizado. Existem outras técnicas de engenharia industrial muito úteis para este fim, tais como os VSMs, sendo, no entanto, opções mais complexas, com simbologia de compreensão mais difícil. Por outro lado, o uso de um VSM apenas se adequa aos casos em que se pretende melhorar o estado atual; em casos em que se pretenda mudar completamente o paradigma atual, este representa um esforço desnecessário. Assim, o mapeamento de processos multinível apresenta-se como uma ferramenta adequada para representar de forma simples e detalhada um processo/conjunto de processos a uma equipa com elementos de diferentes *backgrounds*. Importa perceber que um mapa de processos multinível é constituído por uma hierarquia de *flowcharts* e listas de intervenientes utilizadas para definir um processo ou um conjunto de processos num nível de detalhe crescente (Symons e Jacobs 1997; Halseth e Thompson).

O mapeamento servirá não só como base para o desenvolvimento de melhores procedimentos operacionais *standard* (*Standard Operating Procedures* – SOP), mas também como uma forma de evidenciar os problemas, falhas de comunicação, redundâncias e desperdícios existentes nos processos.

Resumidamente, o mapeamento de processos pretende mostrar o que se faz, como se faz e onde se faz, sendo assim uma ferramenta de diagnóstico do estado atual de um processo ou de um conjunto destes, para que depois possam ser postas em prática as outras ferramentas *Lean* (Earley 2018a).

Standard Work e Melhoria Contínua

A criação de *standard work*, juntamente com a melhoria contínua, tem como consequência final a obtenção de um estado de fluidez no movimento dos trabalhadores, de forma a que uma determinada tarefa seja executada no menor intervalo de tempo possível e com a qualidade desejada.

Num processo não normalizado, a redução da variabilidade é, portanto, uma condição prévia para ações de melhoria. A definição de um *standard work* pode ser resumida da seguinte forma: devem observar-se os movimentos do trabalhador e executar um diagrama *spaghetti* de forma a registar esses movimentos no chão de fábrica, o que irá evidenciar os *mudas* existentes nestas movimentações. É também conveniente medir os tempos correspondentes às mesmas. De seguida, para reduzir ou eliminar o desperdício existente, é necessário pensar em formas de eliminar os tempos que não acrescentam valor e criar *standards* de trabalho robustos de maneira a garantir a implementação das melhorias pensadas.

Seguindo o exemplo da *Toyota*, este conceito pode e deve ser aplicado a qualquer tipo de ambiente, desde a produção à logística ou aos próprios escritórios de uma organização, é um conceito universal.

É importante perceber que *outputs* variáveis de um processo numa montagem são, em parte, o resultado de metodologias variáveis por parte dos operadores. Assim, com a criação do *standard work*, essa variabilidade será fortemente reduzida, e o processo de formar os trabalhadores tornar-se-á muito mais fácil e eficiente (Simas 2016).

Uma correta implementação do *standard work* irá trazer grandes benefícios, já que poderá resultar numa maior produtividade, em tempos dos processos e, em alguns casos, de *setups* mais curtos, numa diminuição da variabilidade e numa maior motivação por parte dos trabalhadores, fomentando uma filosofia de melhoria contínua (Monden 1983; Hall 1998).

Gestão Visual

A gestão visual baseia-se num princípio de transparência, consistindo na visualização da informação e/ou demonstração dos requisitos de forma a orientar para uma determinada ação (Eaidgah et al 2016)

Esta prática surgiu para dar resposta à necessidade de chamar a atenção, de forma imediata, para os problemas que surgem no posto de trabalho (Wojakowski 2013), fornecendo assim a informação certa, à pessoa certa, na altura mais indicada (Eaidgah et al 2016; Tezel et al 2009). A informação referida poderá ser apresentada sob a forma de placas, linhas, etiquetas, cores, etc. e tem o propósito de eliminar a aleatoriedade e a dúvida durante o desempenho de uma tarefa, dando a possibilidade ao operador de ajustar/corrigir o seu trabalho atempadamente (Machado e Leitner 2010; Wilson 2010).

Para a implementação da gestão visual, existem 2 tipos de ferramentas às quais se pode recorrer (Eaidgah et al 2016):

- **Ferramentas de entendimento dos processos** – auxiliam na compreensão dos processos (tais como fotografias ou esquemas simples);
- **Ferramentas de desempenho dos processos** – fornecem informação relativamente ao desempenho dos processos, controlando a eficiência e eficácia dos mesmos (tais como as luzes e quadros *andon*, os *kanbans* e os quadros de KPIs - *Key Performance Indicators*).

A gestão visual está fortemente ligada ao *standard work* (Coimbra 2013), já que as imagens representativas de uma determinada tarefa ou um determinado código de cores têm como

objetivo lembrar a necessidade da realização do trabalho uniformizado (Machado e Leitner 2010) e dos 5S (Bicheno 2004).

A utilização da gestão visual trará diversas vantagens para as organizações, entre as quais (Eaidgah et al 2016; Bicheno 2004):

- Menos tempo dedicado à compreensão de informação;
- Fácil detecção de erros/defeitos;
- Maior velocidade de trabalho, já que há uma rápida identificação das tarefas a realizar e rápida resposta face a problemas detetados;
- Envolvimento de todos os colaboradores na melhoria contínua da organização;
- Uniformização de metodologias de trabalho utilizadas (Simas 2016).

Métricas e Indicadores de Desempenho

Apesar de distintas, tanto as métricas como os indicadores de desempenho (KPIs) são ferramentas de extrema importância.

As métricas visam medir dados de uma forma simples e objetiva, enquanto que os indicadores de desempenho (KPIs) são compostos por várias métricas e tendem a responder a perguntas de negócio, tendo uma interpretação subjetiva e sendo normalmente utilizados para a tomada de decisões. Desta forma, os KPIs são uma ferramenta poderosa de melhoria contínua e são importantes no caminho para a excelência (Amaral 2016).

• *Takt Time*

Em alemão, “*Taktzeit*” significa ritmo de uma música. Torna-se assim mais fácil compreender que *Takt Time* corresponde ao ritmo de produção ideal. Ou seja, é uma métrica utilizada para definir a taxa média a que os produtos necessitam ser produzidos de forma a satisfazer a procura do cliente.

A expressão matemática que permite o seu cálculo é a seguinte (Equação 2.1), expressando-se em unidade de tempo:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo disponível líquido}}{\text{Necessidade mercado}} \quad (2.1)$$

Onde:

Tempo disponível líquido, é o tempo disponível para a execução dos itens necessários. Calcula-se subtraindo ao tempo total disponível o tempo de paragens programadas, tais como manutenções planeadas, pausas para alimentação, reuniões, etc.

Necessidade mercado, é a quantidade média solicitada pelo mercado (Frandsen e Tommelein 2014; Associação Portuguesa de Gestão e Engenharia Industrial 2017).

• *Cycle Time*

O *Cycle Time* ou tempo de ciclo indica o tempo médio entre a saída de dois produtos consecutivos de um processo. Esta métrica é determinada pelo *bottleneck* do processo numa linha, isto é, pela sua operação mais lenta. É o *bottleneck* que determina a capacidade de uma linha/célula de produção (Pinto 2015).

- ***Lead Time***

O *Lead Time* corresponde à duração de um determinado processo ou de um conjunto destes e é uma importante métrica, já que permite saber que prazos de entrega poderão ser indicados aos clientes.

Geralmente, este é calculado tendo em conta o instante em que o pedido de um cliente é gerado e o instante em que o produto final é entregue, mas este pode também ser o *Lead Time* da produção, isto é, o tempo necessário desde o início da produção até ao seu final. Como se pode perceber, este não corresponderá ao tempo de produção útil total. Neste tempo estão também incluídos os tempos associados às tarefas logísticas e habitualmente alguns *mudas* (Associação Portuguesa de Gestão e Engenharia Industrial 2017; Earley 2014).

- **WIP**

O WIP, ou inventário em curso de fabrico, corresponde a uma forma de inventário de produtos inacabados que ainda necessitam de trabalho adicional de processamento, montagem e/ou de controlo de qualidade. Este tipo de inventário pode ser encontrado entre os subprocessos de um processo produtivo.

- **OTD – *On Time Delivery***

O OTD é um indicador do nível de serviço nas entregas de uma organização. Este pode ser calculado de diversas formas, o importante é que o cliente receba o produto que pretende, no momento que pretende.

Algumas das variáveis que podem existir são: o número de unidades na encomenda, a data de entrega e a distribuição da entrega (se se entregam todas as unidades simultaneamente ou não) (Associação Portuguesa de Gestão e Engenharia Industrial 2017; Ramachandran e Neelakrishnan 2017).

Finalmente, é importante perceber que a rapidez de resposta é um fator cada vez mais valorizado no mercado e que este se encontra intimamente associado ao *Lead Time*.

Shojinka – Flexibilidade de Recursos Humanos

Shojinka é uma das técnicas mais usadas nos processos produtivos nas empresas, já que torna possíveis grandes incrementos na eficiência dos mesmos, com um investimento de capital muito reduzido.

O conceito pode ser traduzido para “linha de mão de obra flexível”, ou seja, consiste na habilidade de ajustar de uma forma discreta uma linha de forma a ir ao encontro dos requisitos da produção no que toca à procura e ao número de trabalhadores necessários. É também, às vezes, chamado de linearidade de trabalho para se referir à capacidade de uma linha de montagem ser balanceada mesmo quando os volumes de produção são muito variáveis (Lean Enterprise Institute).

Tal capacidade de adaptação exige que os operadores possuam a capacidade de responder a mudanças na duração das tarefas, a mudanças na ordem das operações e a mudanças até na tarefa em si. Tal mobilidade de trabalhadores, não significa que estes sejam dispensados ou que sejam utilizados bancos de horas, mas sim que estes realizem diferentes tarefas consoante as necessidades existentes (mensalmente ou mesmo semanalmente). Os trabalhadores têm de ser polivalentes, mas outro aspeto importante é que a própria linha seja também ela muito flexível, sendo que uma disposição em U é geralmente a mais aconselhada nestes casos.

Para uma eficaz avaliação e gestão desta polivalência dos recursos humanos, são utilizadas matrizes de polivalência, uma ferramenta visual que permite mapear as competências de cada colaborador para cada tarefa ou processo. Esta matriz tem como finalidade ajudar a identificar onde cada operador pode trabalhar, sendo um espelho da flexibilidade de uma equipa. Por outro lado, pode também servir de base para o desenvolvimento de um plano de formação para os colaboradores (Tessari 2016; Moraes 2014).

2.2 Estudo de Tempos e Métodos

O estudo de tempos é uma técnica de medição de trabalho, que pode ser realizada através da observação direta e da cronometragem dos tempos necessários para cada tarefa (Costa e Arezes 2013).

O método utilizado deve ser registado de forma normalizada e detalhada e o seguimento destas etapas de forma rigorosa, irá resultar na obtenção de tempos padrão fiáveis. Os dados obtidos serão utilizados na avaliação e no planeamento da mão de obra necessária para o processo de produção (IST 2017). Em alternativa, este estudo pode também ser realizado através do uso de *standards* MTM (*Methods-Time Measurement*).

Por outro lado, o estudo dos métodos é uma técnica sistemática para a análise e posterior aperfeiçoamento de procedimentos, dos postos de trabalho, das máquinas e ferramentas utilizadas, assim como de redução de fadiga e esforço humano. O seu objetivo é simplificar as tarefas a executar, aumentando os lucros (Amaro 2012).

Segundo Costa e Arezes (2013), o estudo de tempos tem como finalidade determinar o tempo adequado a cada tarefa e poderá posteriormente ser utilizado em processos de melhoria, tais como na minimização de movimentos desnecessários dos trabalhadores e dos materiais, diminuindo assim os tempos nos quais não há criação de valor para o produto. Este estudo de tempos poderá servir, portanto, como uma ferramenta para a análise cuidada dos métodos atuais e para a sua substituição por novos mais eficientes, aumentando assim a produtividade e melhorando as condições de trabalho (Fernandes 2017; IST 2017).

2.3 Design do Layout

Existem 2 tipos distintos de *layout* mais frequentes: o *layout* funcional ou o *layout* de processo. No *layout* funcional, as máquinas encontram-se agrupadas por função. Pode-se observar um exemplo deste tipo de *layout* na Figura 2, em que o *layout* funcional foi dividido entre tipo de operações: pré-montagem, montagem e controle de qualidade. Este tipo de disposição caracteriza-se pelo trabalho em grandes lotes de forma a minimizar o transporte entre células de produção, havendo assim um elevado WIP e um longo *Lead Time*.

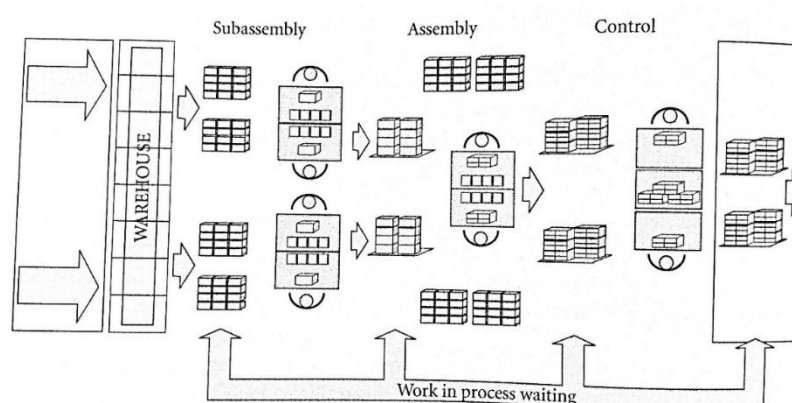


Figura 2 - Produção em grandes lotes num *layout* funcional (Coimbra 2013)

Por outro lado, o *layout* de processo encontra-se organizado em sequências de operações e de máquinas, sendo tanto o *WIP* como o *Lead Time* substancialmente menores.

Com o objetivo de se obter uma linha *One Piece Flow* (*layout* de processo) com o fluxo o mais rápido possível, estas são, por vezes, dispostas em U. A evolução de *layout* desde uma linha reta até uma linha em U aumenta a flexibilidade no balanceamento dos trabalhadores e permite que os mesmos tenham uma compreensão maior do fluxo (Coimbra 2013).

2.4 Definição de uma Linha de Produção e o seu Balanceamento

Antes de se poder iniciar o balanceamento de uma linha é necessário seguir 3 passos. O primeiro passo consiste numa análise ABC dos produtos vendidos no espaço de um ano. Os produtos A correspondem aos que foram mais vendidos (representam 80% das vendas totais), os produtos B são produtos que foram vendidos de forma moderada (representam os seguintes 10% das vendas totais) e, os produtos C são os produtos vendidos esporadicamente (representam os restantes 10% das vendas totais, mas englobam uma grande variedade de artigos).

Geralmente, os produtos A são fortes candidatos a linhas *One Piece Flow* automáticas ou semiautomáticas, os produtos B adequam-se a linhas *One Piece Flow* manuais ou menos automatizadas, enquanto que os produtos C são candidatos a soluções de apenas um posto de trabalho, com a flexibilidade necessária à produção uma grande variedade de produtos.

Terminada esta análise, passa-se ao segundo passo, a determinação da gama operatória correspondente a cada tarefa. Caso estes tempos não estejam disponíveis, será necessário recolher estes dados por meio de uma análise dos tempos.

De seguida, vem o terceiro passo, a execução de gráficos de processo (exemplo mostrado na Figura 3). Estes representam a sequência possível das operações necessárias para a montagem ou produção de um produto. São gráficos muito simples que representam apenas as operações que acrescentam valor ao produto. Estes tipos de gráficos apenas devem ser executados para os produtos da categoria A, estando representadas 3 tipos de informação:

- Partes ou componentes;
- Operações com valor acrescentado com a respetivas precedências identificadas (representadas por círculos);
- Estimativas da unidade de tempo dessas operações.

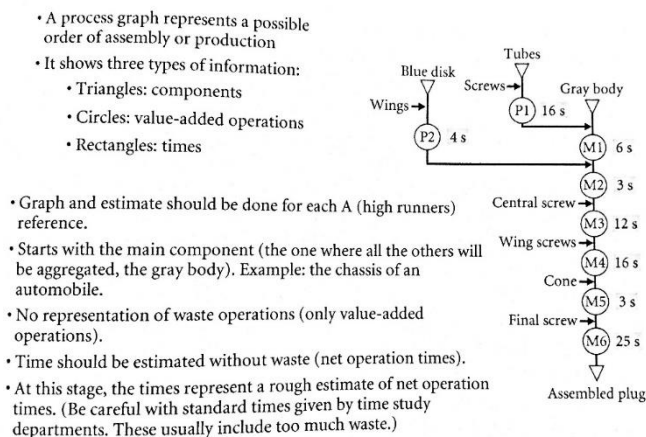


Figura 3 - Exemplo de um gráfico de processo (Coimbra 2013)

Terminados estes 3 passos, é finalmente possível executar o balanceamento das linhas de produção propriamente dito. Este consiste na atribuição de tarefas a cada posto de trabalho de forma a que estes fiquem equilibrados e alinhados com o tempo de ciclo da linha. Os referidos gráficos de processo são guias visuais que facilitam o agrupamento de tarefas para que encaixem no tempo de ciclo (Coimbra 2013). No entanto, o balanceamento das linhas propriamente dito será executado com gráficos *Yamazumi* (método visual). Tal como representado no gráfico *Yamazumi* da Figura 4, para que se atinga um equilíbrio, é preciso que algumas das operações sejam particionadas (Lean Consulting 2009).

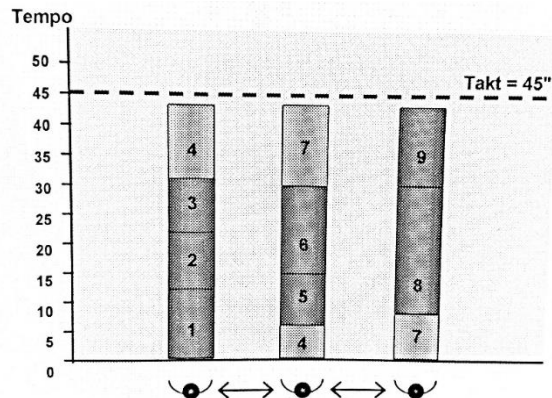


Figura 4 - Exemplo de gráfico *Yamazumi* (Lean Consulting 2006)

2.5 Abastecimento da Produção

Depois de ser criado um fluxo unitário pela integração das operações que acrescentam valor ao produto em linha ou células flexíveis, é necessário o foco no *design* dos postos de trabalho.

O melhor *layout* para um posto de trabalho é aquele que permite que o operador se abasteça de um componente sem sair do seu local de trabalho e com o máximo de ergonomia e mínimo esforço na execução das operações. Para que tal seja possível é importante ter em consideração qual será a posição do operador, dos equipamentos por ele utilizados, dos auxiliares de execução de tarefas, etc.

É também necessário decidir a localização e os tipos de recipientes a utilizar, ou seja, é preciso definir os bordos de linha (Coimbra 2013).

2.5.1 Definição dos Bordos de Linha

Os bordos de linha são a interface de comunicação entre a logística interna e os postos de trabalho. O trabalho da logística interna consiste em abastecer o material correto, no momento correto, no lugar correto e com a apresentação correta, permitindo que a produção se foque somente na qualidade e tempo de transformação dos materiais em produtos finais (tarefas de valor acrescentado).

Os bordos de linha podem ter uma localização frontal ou traseira, sendo que a localização frontal apresenta fortes vantagens a nível ergonómico, já que diminui o esforço físico do operador.

Importa perceber que a escolha do tipo de contentor a usar para cada tipo de componente é também um fator importante. Os contentores utilizados irão obviamente depender do tipo, forma e peso do artigo que irão conter, sendo importante que estes possam ser movidos manualmente, de forma a tornar a sua manipulação simples e fluída (Coimbra 2013).

2.5.2 Método de Abastecimento

Os 2 métodos de abastecimento às linhas são o método contínuo, por *kanbans* e o método sequencial, por *junjo*.

No caso do abastecimento contínuo, cada artigo encontra-se num local para ele destinado, ou seja, o local de *picking* irá variar consoante o artigo de que se necessita, mas o mesmo artigo encontrar-se-á sempre no mesmo local. O abastecimento por *kanbans* é utilizado para peças de pequenas/médias dimensões e com alta rotatividade.

Por outro lado, no caso do abastecimento sequencial, os artigos disponíveis nos bordos de linha irão ser fornecidos na ordem em que serão utilizados para a produção/montagem do produto e estes irão variar conforme o produto em causa. O *picking* será realizado sempre do mesmo local independentemente do artigo que seja necessário. O abastecimento por *junjo* é utilizado para peças de grandes dimensões, diferenciadoras e/ou de baixa rotatividade, para as quais não se justifica a alocação de um lugar fixo.

Comparando lado a lado os dois tipos de abastecimento, pode constatar-se que o abastecimento por *junjo* implica mais custos a nível logístico do que o abastecimento por *kanbans* pois, enquanto que no primeiro caso, o reabastecimento dos bordos de linha implica que o operador da logística recolha os artigos de acordo com uma sequência fixa, no segundo caso, há apenas um simples sinal de reabastecimento como uma caixa vazia ou uma leitura de um cartão.

Existe ainda um método de abastecimento denominado *kitting*, no qual os componentes e/ou materiais necessários para a montagem de um determinado produto são previamente reunidos em *kits*. Este método geralmente implica um abastecimento sequencial, já que os *kits* terão que ser dispostos nos bordos de linha de acordo com a sequência de produtos a montar do planeamento. Para se optar por um método em detrimento do outro deverão pesar-se os aspetos mais e menos positivos de cada um deles em termos de tempo, área de trabalho e de custos logísticos (Coimbra 2013).

3. Apresentação do Processo do Normafix

Neste capítulo é descrita a situação atual da cadeia de valor da gama de produtos Normafix, na Efacec AMT. Com esta análise pretende-se conhecer de forma aprofundada o produto, os requisitos da sua montagem e as gamas operatórias, de forma a perceber de que forma é que o projeto de um novo sistema de montagem *One Piece Flow* poderá ser concretizado.

Por outro lado, pretende-se também conhecer detalhadamente todo o percurso destes produtos nas instalações da empresa, de forma a identificar e posteriormente diminuir *mudas* ou problemas que possam existir.

3.1 Normafix 24 e 36

3.1.1 Quadros Normafix

Os quadros Normafix são quadros modulares isolados a ar e são utilizados em redes de média tensão assim como nas mais variadas indústrias e aplicações, permitindo “uma elevada versatilidade no momento da configuração personalizada em função do projeto” e da área geográfica. Estes quadros são utilizados ao longo de toda a cadeia da distribuição secundária, “desde a produção de energia (eólica, fotovoltaica, entre outras) até às redes de distribuição de energia elétrica públicas e privadas.”

As celas são totalmente concebidas para tensões até 36 kV, “em chapa de aço, estruturadas em unidades modulares e equipadas com diversas funções como sejam a inclusão de interruptores e disjuntores e a sua construção modular permite a incorporação de várias opções e esquema elétrico” (Efacec 2018a).

Um quadro é composto por diversas unidades de celas Normafix, sendo que tipicamente são constituídos por 3 celas, 2 IS (Celas Interruptor Seccionador) e 1 CIS (Cela Proteção Transformador). Tal como se encontra representado no esquema da Figura 5, a primeira cela IS faz a “receção” da corrente elétrica que chega de forma aérea. A chegada aérea só se realiza uma única vez numa determinada região, sendo que a segunda cela IS faz a saída em anel para os outros quadros da região. Finalmente, a cela CIS tem como função proteger o transformador onde a corrente de média tensão passará a corrente de baixa tensão, após abandonar a cela CIS, logo o quadro será colocado imediatamente antes deste transformador.

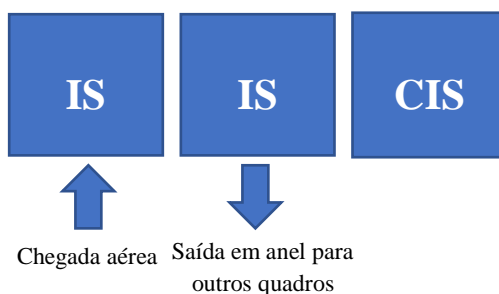


Figura 5 - Representação esquemática da composição típica de um quadro Normafix

3.1.2 Tipo de Celas Existentes

O aspeto visual de uma cela Normafix encontra-se apresentado na Figura 6, enquanto que as dimensões dos diferentes tipos de celas podem ser consultadas no Anexo B. Importa esclarecer que o foco deste projeto é a montagem de celas e que, apesar de um conjunto de celas se denominar quadro, estas apenas são encaixadas umas nas outras nas instalações do cliente.



Figura 6 - Fotografia de um Normafix 24 (Efaced 2018a)

Tal como pode ser constatado com uma rápida análise da Figura 7, para além dos produtos da gama Normafix se dividirem em Normafix 24 e Normafix 36, classificam-se ainda em 8 tipos de celas distintos. A distinção entre os tipos de celas é feita não só pelas opções/componentes nelas incorporados, mas sobretudo pela função que estas irão desempenhar na rede elétrica. Sublinhados a amarelo encontram-se os componentes obrigatórios a cada tipo de cela, sendo que, tal como irá ser detalhado no subcapítulo dedicado à produção (3.4.1), alguns destes já vêm montados do fornecedor.

<p>Cela IS – Cela Interruptor Seccionador</p> <ul style="list-style-type: none"> ISF (já vem montado); 3 Isoladores (já vêm montados); Vigias; Resistências; Termostatos; Motorização; Encravamentos mecânicos e fechaduras; Etiquetas e placas de função. <p>NOTA: Este tipo de celas vêm em SAKs da Índia e não levam TTs nem TIs, e raramente CBTs.</p>	<p>Cela CIS - Cela Proteção Transformador</p> <ul style="list-style-type: none"> ISF (já vem montado); Seccionador + 3 Isoladores (já vem montado); Bobina (já vem montada); Cablagens da resistência (já vêm montadas); Fusíveis; Resistências; Termostatos; Motorização; Encravamentos mecânicos e fechaduras; Etiquetas e placas de função. <p>NOTA: Este tipo de celas vêm em SAKs da Índia e não levam TTs nem TIs. Caso a cela não leve resistência, terão que ser retiradas as cablagens respetivas.</p>	<p>Cela DC – Cela Proteção de Cabos</p> <ul style="list-style-type: none"> ISF (já vem montado); Seccionador + 3 Isoladores (já vem montado); Resistências; Termostatos; Disjuntor (DIVAC); Motorização; Encravamentos mecânicos e fechaduras; Etiquetas e placas de função. <p>NOTA: Este tipo de celas vêm em SAKs da Índia. Assim, caso este tipo de celas levem resistências e/ou termostatos, o seccionador terá que ser desmontado e voltado a montar.</p>	<p>Cela SBM – Cela de Seccionamento e Medida</p> <ul style="list-style-type: none"> ISF (já vem montado); Coletor terra (já vem montado); 3 Isoladores (já vêm montados); 3 Contactos (já vêm montados); Resistências; Termostatos; Motorização; Encravamentos mecânicos e fechaduras; Etiquetas e placas de função. <p>NOTA: Este tipo de celas vêm em SAKs da Índia no caso nas SBM "subidas à direita" (posição dos isoladores).</p>
<p>Cela DB – Cela Proteção de Barras</p> <ul style="list-style-type: none"> Coletor terra; 2 ISFs; Resistências; Termostatos; TIs; TTs; Disjuntor (DIVAC); Motorização; Encravamentos mecânicos e fechaduras; Etiquetas e placas de função. 	<p>Cela TT – Cela Transformador de Tensão</p> <ul style="list-style-type: none"> ISF; Coletor terra + 3 Isoladores; TTs; Fusíveis; Etiquetas e placas de função. 	<p>Cela CD – Cela Chegada Direta</p> <ul style="list-style-type: none"> 3 Isoladores; 3 Contactos; Resistências; Termostatos; Motorização; Encravamentos mecânicos e fechaduras; Etiquetas e placas de função. <p>NOTA: Não possui ISF.</p>	<p>Cela M – Cela de Medida</p> <ul style="list-style-type: none"> Coletor terra + 3 Isoladores; 3 ou 6 Contactos; TIs; TTs; Motorização; Encravamentos mecânicos e fechaduras; Etiquetas e placas de função. <p>NOTA: Não possui ISF.</p>

Figura 7- Quadro resumo dos diferentes tipos de celas

3.2 Análise ABC

A realização de uma análise ABC e do respetivo diagrama de Pareto é uma fase fundamental para que seja possível encontrar uma solução para um problema deste grau de complexidade e com a diversidade de opções existente. Esta análise foi feita com base nos dados históricos presentes no *Master Production Schedule* (MPS) do ano 2017.

A dúvida surge em decidir qual a melhor forma de realizar o referido estudo. Este poderia ser feito de inúmeras formas. Pensou-se inicialmente em realizá-lo por tipo de cela, isto é, dos 8 tipos apresentados no quadro da Figura 7, quais representam 80% das vendas anuais do produto? Após esta análise, chegou-se à conclusão de que as celas tipo “A” são as celas IS e CIS. No entanto, rapidamente se concluiu que esta informação é pouco esclarecedora, já que dentro destes tipos de celas, as opções que o cliente pode tomar são variadíssimas.

Assim, restam duas formas aparentemente com sentido para a realização desta análise. A primeira opção seria a análise por tipos de componentes e, a segunda, por artigos. A análise por tipos de componentes parece intuitiva, no entanto, o que iria acontecer se tal fosse realizado, era que iríamos ter a informação que um número reduzido de componentes se encontra quase sempre presente nas celas. Em termos práticos, essa informação não teria a utilidade desejada, visto que se pretende criar fluxo no chão de fábrica e produzir o produto até ao seu estado final. Se apenas fossem analisados os processos relacionados com estes componentes tipo “A”, continuaria a existir um enorme número de opções que não iriam ser contempladas na solução proposta, não sendo isso o procurado.

Pode-se então perceber, que se considerou vantajoso optar pela a análise ABC por artigos pois, mesmo tendo consciência que esta decisão irá tornar todo o trabalho posterior mais moroso, esta revela-se a melhor forma de entender que opções nas celas são mais frequentes.

Surgiram também dúvidas se o Normafix 24 e 36 deveria ser analisado em conjunto ou em separado, tendo-se concluído que, para este tipo de análise (análise ABC), se deveriam considerar os dois produtos em separado, visto que não é o objetivo da empresa dar mais importância a um em relação ao outro. Apesar do volume de vendas do Normafix 36 ser bastante inferior ao do Normafix 24, este é igualmente importante em termos estratégicos e de lucros para a Efacec AMT.

Esta análise pode ser consultada no Anexo C, sendo que os artigos Normafix 24 e 36 classificados como tipo “A” encontram-se apresentados na Tabela 1 e 2, respetivamente. O gráfico de Pareto resultante da análise ABC do Normafix 24, pode também ser analisado na Figura 8. Optou-se por não se executar este gráfico para o Normafix 36, devido ao reduzido número de artigos tipo “A” encontrados (distribuição reduzida).

Tabela 1 - Quadro resumo dos artigos Normafix 24 Tipo "A"

Referência Artigo	Descrição Artigo	Importância Relativa no N° Total de Artigos Vendidos
322130050-01	CELA IS 375 (EMB.) - DEBBAS	27%
322140290-01	CELA IS 375 (EMB.) - DEBBAS	16%
322120493-01	Cela CIS -Tipo B EDENOR (2G)	11%
32211057-02	IS375 (630A-17,5kV) 48Vcc -EMB	9%
322120492-01	Cela IS375 Tipo A EDENOR (2G)	6%
32209474-01	CIS375 (200A-17,5kV) -EMB.(2G)	4 %
32210743-01	CELA IS375 (1) EQUIP(SKMK)(2G)	3%
32210743-02	CELA IS375 (2) EQUIP(SKMK)(2G)	3%
32210744-01	CELA CIS375 EQUIPAD (SKMK)(2G)	3%
TOTAL		80%

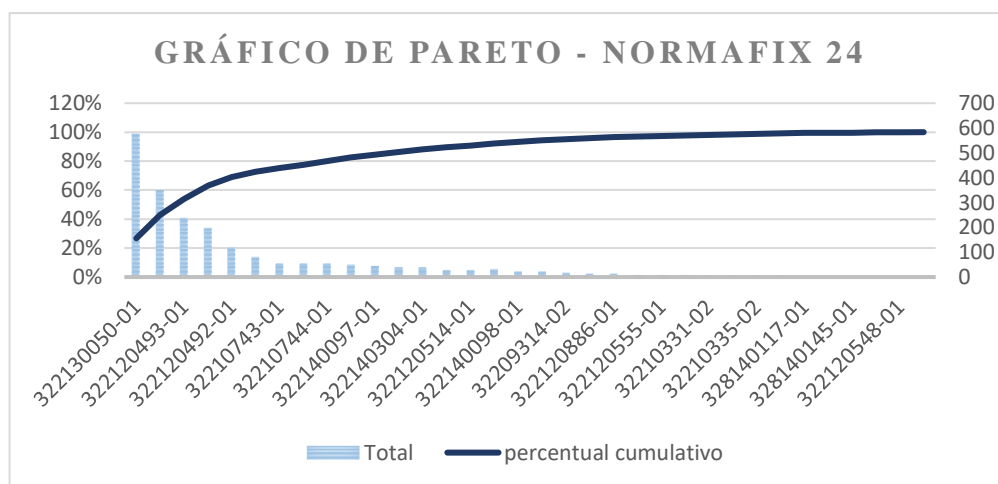


Figura 8 - Gráfico de Pareto Normafix 24

Tabela 2 - Quadro resumo dos artigos Normafix 36 Tipo "A"

Referência Artigo	Descrição Artigo	Importância Relativa no N° Total de Artigos Vendidos
32808280-01	CELA CIS 600 EQUIPADA - SKMK	33%
328150069-01	CELA IS 600 (1) EQUIPADA -SKMK	33%
328150069-02	CELA IS 600 (2) EQUIPADA -SKMK	33%
TOTAL		99%

No total, existem 919 artigos distintos da gama Normafix que foram vendidos nos últimos 2 anos (2016 e 2017), sendo que, entre estes, existem apenas 12 artigos tipo “A”.

3.3 Layout da Fábrica Atual e Sistemas de Armazenamento

Neste momento, as instalações fabris da Efacec AMT possuem um desnível que separa dois setores, sendo o primeiro dedicado à distribuição secundária e o segundo à distribuição primária, à produção de cablagens (cabos elétricos) e de disjuntores. Há ainda uma nave lateral anexa, muito recente, dedicada a uma linha *One Piece Flow* de distribuição primária.

A área fabril atualmente dedicada à montagem de Normafix 24 e Normafix 36 é de 1003,02 m².

Analisando com mais pormenor os *layouts* fabris apresentados no Anexo D, pode-se perceber que relativamente às áreas logísticas, existem 2 áreas de expedição, uma para os produtos de distribuição secundária (A) e outra para os da distribuição primária (B). Existem ainda várias áreas de armazenamento: o armazém central que assegura o aprovisionamento dos materiais de maiores dimensões e o armazém nº2 que possui 4 entrepisos e 4 torres automáticas com um sistema mecânico tipo carrocel e se destina ao armazenamento de materiais de menor dimensão e valor. O armazém nº2 e o armazém central são geridos por um sistema informático interno denominado “Ulises”, sendo este responsável pela atribuição de localizações para cada artigo.

Existe ainda o armazenamento em “Aquiles”, outro sistema informático interno que controla os armazéns intermédios. Estes armazéns não possuem localizações fixas e não são registadas quantidades no sistema. Estes encontram-se um pouco por toda a fábrica, mais próximos das linhas, estando constantemente a ser adequados às necessidades. Normalmente, os tipos de materiais guardados neste sistema chegam em quantidades relativamente pequenas e têm como destino um projeto de um cliente em específico. Por fim, há também o armazenamento em *kanban* que possui localizações fixas e se destina a produtos de alta rotatividade, sendo que existem diferentes tipos de *kanbans*:

- *Kanbans* internos:
 - ✓ *Kanban* 10c - O abastecimento das caixas é feito pelo *mizusumashi*, na estante de armazenamento do armazém nº2;
 - ✓ *Kanban* de cablagens - O abastecimento destes lotes é feito pelo *mizusumashi*, na linha de produção interna das cablagens (linha Komax);
 - ✓ *Kanban* de armazém - A leitura do código de barras deste tipo de artigo gera um pedido no armazém central. O material é aviado pelos colaboradores do armazém e entregues ao *mizusumashi*, que posteriormente irá fazer o reabastecimento.
- *Kanbans* externos:
 - ✓ *Kanban* de contrato - A leitura do código de barras deste tipo de artigo é enviada diretamente ao fornecedor, sendo o mesmo a realizar o abastecimento.

Independentemente do tipo de armazenamento que um componente possa ter e de forma a diminuir as movimentações dos colaboradores que montam e eletrificam as celas, todo o abastecimento aos postos de trabalho é realizado em carrinhos por *kitting* pela equipa da logística interna.

3.4 Mapeamento do Processo

De forma a ser possível compreender toda a cadeia de valor dos produtos da gama Normafix, foi elaborado um mapeamento de processos multinível. O referido mapeamento pode ser consultado no Anexo E, sendo que serão descritos com maior detalhe neste subcapítulo as macro fases Produção, Ensaios e Expedição, já que esse será o foco da presente dissertação.

3.4.1 Produção

Os produtos Normafix 24 e 36 têm uma montagem em estaleiro, isto é, não há uma linha de produção dinâmica, nem há movimento dos produtos, são os operadores que se dirigem às celas para realizar as diversas tarefas de serralharia, de eletrificação e de inspeção e ensaios. Tal pode ser observado na Figura 9.



Figura 9 - Fotografia da produção em estaleiro do Normafix 24 (Efacec 2018a)

Por outro lado, as aparelhagens Normafix são os produtos mais simples e *standard* da Efacec AMT, facto este que levou a empresa a encontrar uma enorme vantagem competitiva na compra de *Standard Assembly Kits* (SAKs) vindos da Efacec Índia. Tal significa que, tirando alguns tipos de celas de produção menos frequente, os produtos Normafix já chegam às instalações da Efacec num estado bastante avançado da sua produção, sendo em Portugal realizadas as tarefas de personalização para cada cliente (montagem de componentes escolhidos pelo cliente, eletrificação personalizada e acabamentos finais). No caso dos tipos de celas nos quais não se utiliza um SAK, são utilizadas estruturas metálicas, isto é, a parte de chapa exterior já vem feita de um fornecedor local, mas sem nenhum componente incorporado.

Interessa também perceber que os interruptores seccionadores rotativos de três posições com isolamento em SF₆ (ISFs) e os compartimentos de baixa tensão (CBTs) são componentes das celas Normafix, logo as suas linhas de montagem irão, nalguns casos, abastecer a produção de Normafix.

Os ISFs produzidos internamente irão alimentar a montagem do Normafix apenas nos casos em que estes ainda não estão incorporados nos SAKs comprados. Por outro lado, os CBTs são neste momento, quase na totalidade, produzidos externamente para além de que estes apenas entram na composição dos quadros mais complexos.

Foram assim criadas as condições necessárias para explicar detalhadamente a macro fase Produção. Esta pode ser decomposta em 3 subfases: a Preparação das Celas, a Montagem e a Eletrificação.

A primeira subfase a acontecer é a Preparação das Celas. O processo inicia-se quando o chefe de linha consulta o MPS e identifica a ordem de fabrico que se encontra em primeiro lugar numa lista de prioridades. Depois de ter identificado qual a ordem de fabrico que irá ser iniciada, este imprime toda a documentação necessária à produção (esquemas de montagem, esquemas elétricos específicos, etc). De seguida, a localização do quadro a montar é decidida consoante o espaço livre existente. O mesmo acontece com a alocação de tarefas aos trabalhadores.

Os SAKs ou partes comuns são então transportados do armazém central para o local de montagem pela equipa da logística interna, sendo que as celas já vêm dos fornecedores aparafusadas a uma palete de madeira (palete esta que seguirá todo o caminho até à expedição com a cela).

A segunda subfase pode ser iniciada, assim que o serralheiro disponível e selecionado para a montagem estiver em frente ao quadro no chão de fábrica, com o carrinho com os componentes (abastecido pela logística interna) e com a documentação necessária na sua posse. Esta subfase é a Montagem e terá duas variantes:

- se uma cela vier na forma de estrutura metálica do fornecedor, é ainda necessário realizar a montagem até ao nível de SAK, isto é, ainda terão de ser incorporados os seguintes componentes:
 - ✓ Isoladores;
 - ✓ Seccionador terra e barra de terra;
 - ✓ ISFs.
- Se a cela vier em SAK ou depois de ter sido efetuada a montagem até ao nível de SAK de uma estrutura metálica, será necessário executar a montagem final do produto, isto é, fazer a incorporação dos elementos que irão personalizar o equipamento à medida de cada cliente:
 - ✓ Disjuntor;
 - ✓ TTs;
 - ✓ TIs;
 - ✓ CBT;
 - ✓ Motorização;
 - ✓ Resistência;
 - ✓ Termostato e outros.

Assim que é terminada a montagem de um quadro, o chefe de linha é informado pelo serralheiro e realiza o registo do tempo de montagem do mesmo. De seguida, volta a avaliar a disponibilidade dos eletricistas e aquele que estiver livre será o que irá eletrificar o quadro. Esta subfase é semelhante à Montagem na medida em que a eletrificação *standard* já está feita se a cela vem em SAK, ou ainda nenhuma eletrificação foi feita, caso a cela inicial seja uma

estrutura metálica. A eletrificação final/personalizada, poderá incluir a eletrificação dos componentes referidos anteriormente para a montagem personalizada.

Assim que a cela se encontra totalmente eletrificada, o chefe de linha é mais uma vez informado, registando o tempo dedicado à eletrificação daquele quadro e a macro fase Produção dá-se como terminada.

Ao longo de toda a produção podem surgir 3 situações que importa detalhar:

- **Deteção de não conformidades** – Quando é detetado um problema nas celas, ou nos seus componentes, é chamado de imediato o chefe de linha. Caso o problema seja simples e já tenha sido reportado, faz-se a reparação ou a substituição da parte defeituosa e é realizada uma ficha de não conformidade. Caso contrário, é também preenchida uma ficha de não conformidade, mas a cela ficará em espera até que o departamento de controlo de qualidade resolva o problema ou forneça indicações.
- **Tempos não previstos** – O chefe de linha tem também a função de registar a ocorrência de tempos não previstos, sendo que estes podem estar associados a não conformidades ou a gamas operatórias erradas.
- **Situação SOS** – Na ocorrência de uma situação urgente, existe um sistema SOS que chama o elemento de cada departamento da Efacec AMT alocado às linhas Normafix: todas estas pessoas interrompem de imediato o seu trabalho e juntam-se para resolver o problema em causa.

3.4.2 Ensaios

Após a Produção, vem a macro fase Ensaios que foi dividida em 4 subfases: Planeamento de Tarefas, Realização de Ensaios, Decisão sobre a Conformidade dos Equipamentos e Documentação dos Ensaios.

A primeira subfase inicia-se com uma reunião semanal entre as equipas do planeamento, da produção e dos ensaios. Durante esta reunião, decidem-se que quadros serão ensaiados nessa semana, sendo que normalmente serão os que acabaram a macro fase de Produção desde a reunião anterior. Depois de se saber que quadros irão ser ensaiados, o técnico dos ensaios que irá ensaiar um determinado quadro, começa por procurar e imprimir toda a documentação necessária (mapa de montagem, esquemas elétricos de cada cela, documentos específicos desse quadro/projeto, etc.).

De seguida inicia-se a subfase da Realização dos Ensaios, sendo que esta se realiza no mesmo local da produção (não existe movimentação das celas). Os ensaios realizados irão depender da constituição de cada cela, mas normalmente incluem a verificação visual dos componentes de cada uma das celas, os ensaios mecânicos, os ensaios elétricos, os ensaios eletromecânicos, as afinações mecânicas, o teste dos mecanismos de segurança e das micros/sensores de posição (no caso de haver motorização), os ensaios de tensão e corrente (no caso de ter TIs e TTs) e os ensaios de rigidez dielétrica (no caso dos SAKs, este ensaio já foi executado).

Depois da realização de todos estes ensaios, passa-se à subfase de Decisão sobre a Conformidade dos Equipamentos. Caso não seja detetado nenhum problema numa cela, esta receberá um cartão verde, com o significado de que foi aprovada nos ensaios. Por outro lado, caso haja alguma não conformidade, poderão ocorrer 2 situações:

- a. se é um problema pontual e que já foi várias vezes reportado, preenche-se uma ficha de não conformidades e substitui-se a peça defeituosa (com repetição dos ensaios respeitantes a essa peça);
- b. se é outro tipo de problema, preenche-se uma ficha de não conformidades e espera-se algum tipo de indicação da equipa de controlo de qualidade.

Depois de uma cela ser ensaiada e aprovada, montam-se os *capots* e inicia-se a subfase da Documentação dos Ensaios com a realização do relatório de ensaios em que se especifica exatamente que tipo de ensaios foram realizados. Este relatório é assinado tanto pelo coordenador dos ensaios como pelo executante, sendo enviado para o cliente. De seguida, faz-se o *upload* do Plano Conjunto de Implantação (PCI) no *shareplace*, um documento que especifica como é que as celas encaixam entre si (este encaixe apenas é realizado no cliente, mas é importante nesta fase pois especifica como devem ser montadas as fechaduras nas celas), para que possa ser consultado por qualquer pessoa, finalizando assim a macro fase Ensaios.

Os ensaios dos disjuntores (DIVAC) e dos ISFs são feitos à parte, sendo que quando estes são incorporados na cela já vêm ensaiados.

Quanto aos ensaios dielétricos, estes são ensaios cuja finalidade é garantir que não existem defeitos construtivos e testar a capacidade dos isolantes. Estes ensaios são muito demorados, mas raramente são executados pois as celas que vêm em SAKs, já vêm também com este ensaio realizado. Assim, este será apenas realizado caso uma cela parta de uma estrutura metálica de um fornecedor local, caso tal seja exigido pelo cliente ou caso o departamento de controle de qualidade assim o decida. Em alguns casos, os clientes exigem estar presentes durante os ensaios (*Factory Acceptance Test* - FAT) e, nestas situações, os ensaios são realizados 2 vezes, uma sem o cliente e outra com a sua presença.

3.4.3 Expedição

Depois dos Ensaios, inicia-se a macro fase Expedição, que pode ser dividida em 3 subfases: Identificação das Celas a Expedir, Embalamento e Saída das Celas.

A primeira subfase inicia-se quando a equipa de expedição ou o coordenador da expedição analisam que quadros é que já possuem a etiqueta verde da aprovação nos ensaios. Quando identificam quadros completos aprovados, o coordenador anota o código desse quadro e indica no sistema informático que o quadro se encontra em condições de ser expedido. Este código do quadro servirá também para que o coordenador da expedição possa imprimir a guia de transporte, a identificação desse quadro, a lista de material anexo (LMA) e as etiquetas para o material anexo.

Simultaneamente, o pintor (membro da equipa da logística externa) vai estando atento às celas que já foram ensaiadas e limpa-as com um produto próprio. Depois de as limpar e caso seja necessário, dá uns retoques finais na pintura das portas (com pincel, demora cerca de 1, 2 dias no máximo). Caso a pintura das portas esteja bastante danificada, estas terão que ser enviadas para fora da empresa para serem pintadas a *spray* (demora cerca de 8 dias). Nestes casos mais críticos, substitui-se a porta danificada por outra e, depois, usa-se a reparada na cela que ficou temporariamente sem porta.

De seguida, inicia-se a subfase Embalamento. O coordenador da expedição dirige-se à zona da expedição para entregar em mão os documentos anteriormente impressos. A equipa da expedição movimenta o quadro em questão para a zona da expedição, recolhe fotografias das celas como prova do estado das mesmas e faz o embalamento e a recolha das peças anexas (peças suplentes, documentação e/ou outros componentes que apenas serão incorporados no cliente). As peças anexas vão normalmente dentro de uma caixa de cartão dentro da própria cela e são também elas fotografadas. Existem diferentes tipos de embalamento, sendo que o tipo utilizado é previamente definido pelo cliente: Exportação Não-Marítima (para transporte terrestre não nacional, utiliza-se filme e grade de madeira), Grade Reforçada (para transporte aéreo, utiliza-se filme e mais madeira que a grade comum, o espaçamento entre a madeira é mais pequeno), Nacional Continental (para transporte terrestre nacional, utiliza-se apenas filme) e Exportação Marítima ou Nacional Ilhas (para transporte marítimo, utiliza-se um saco de plástico e grade de madeira comum).

Depois, passa-se para a última subfase, a saída das celas. Depois de tudo preparado e embalado, podem ocorrer 2 situações: as celas são quase imediatamente expedidas ou ficam em espera de uma ordem de expedição. Quem acorda com os clientes a data de expedição é o gestor do contrato, sendo que posteriormente o coordenador da expedição recebe essa informação no sistema informático, comunica-a com a equipa de expedição e coordena a entrada de camiões. São recolhidas fotografias dos artigos dentro do camião e, assim que um determinado quadro é expedido, as fichas relativas a esse quadro/projeto vão sendo postas num local reservado para elas na zona de expedição. As fichas serão mais tarde recolhidas pelo coordenador da expedição e este terá que registar a saída dos quadros das fichas, a nível do sistema informático. Essas informações são diretamente encaminhadas para a equipa da Faturação (é enviada uma fatura ao cliente). É também da responsabilidade do coordenador da expedição, a digitalização dos documentos, terminando assim a Expedição.

3.5 Determinação de Gamas Operatórias

Até aos dias de hoje, na Efacec AMT, as gamas operatórias têm sido definidas com base em filmagens do trabalho nas celas, existindo tempos que são atribuídos ao artigo-pai (a cela propriamente dita) e outros aos artigos-filhos (as partes comuns e os restantes componentes).

Existe, dentro da empresa, a separação dos tempos atribuídos aos componentes em 2 tipos:

- ✓ “Montag” – Tempo de incorporação (montagem e eletrificação) de um componente na cela;
- ✓ “Gama 0” – Tempo que o próprio componente demora a ser montado e eletrificado antes de ser incorporado numa cela (estas operações podem realizar-se junto da cela Normafix ou noutro sistema de montagem da fábrica, dependendo do tipo de componente).

Existe ainda a classificação dos componentes e dos artigos em “fantasma” e “não fantasma”:

- ✓ Componentes/artigos “fantasma” – componentes/artigos montados ou fabricados durante a montagem da cela, no mesmo posto de trabalho onde estes depois serão incorporados;
- ✓ Componentes/artigos “não fantasma” – artigos/componentes comprados, ou montados/fabricados noutro sistema de montagem paralelo da fábrica. Um exemplo deste tipo de componentes são os ISFs ou as cablagens. Estes são produzidos internamente, mas em sistemas de montagem à parte da produção das celas Normafix.

Idealmente, e a regra que está estabelecida é que os tempos atribuídos a um artigo-pai, deverão coincidir com a soma das “Montags” dos artigos-filhos nele incorporados e das suas “Gamas 0” (apenas dos componentes/artigos fantasma).

Infelizmente, esta regra para além de ser bastante confusa e pouco intuitiva, nem sempre tem sido cumprida, verificando-se em inúmeros casos que os valores anteriormente mencionados não coincidem. É recorrente, acontecer que umas vezes os tempos são atribuídos aos artigos-pai e outras aos artigos-filhos, sem ser cumprida a metodologia estabelecida.

Os tempos atribuídos às celas encontram-se divididos nas seguintes fases: Montagem, Eletrificação, Ensaio e Expedição.

Para além dos dados atualmente existentes para as gamas operatórias serem pouco fiáveis, rapidamente se concluiu a existência de pouquíssimos tempos atribuídos aos componentes, sendo que estes estavam quase sempre atribuídos aos artigos-pai, por uma questão de simplicidade. Como o objetivo desta dissertação é a projeção de um sistema de montagem *One Piece Flow*, com diferentes postos de trabalho consoante as opções que serão montadas e eletrificadas em cada cela, não existe qualquer interesse em que os dados das gamas

operatórias estejam atribuídos aos artigos-pai e separados de acordo com o tipo de trabalho desempenhado.

Por fim, considerou-se interessante realizar, para cada artigo tipo “A”, um estudo comparativo entre o tempo total de tarefas de valor acrescentado médio, o *Lead Time* médio e o prazo de entrega médio que torna cada um destes produtos competitivo.

Tabela 3 - Análise de diversos fatores temporais relativos aos artigos tipo "A"

Artigo Tipo “A”	Tempo Médio Tarefas de Valor Acrescentado (dias)	<i>Lead Time</i> Médio (dias)	% Inatividade	Prazo de Entrega Pretendido Médio (dias)	Margem para Tempos de Espera (dias)
322130050-01	0,45	25	98	25	24,55
322140290-01	1,16	32	96	17	15,84
322120493-01	1,06	41	97	19	17,94
32211057-02	0,78	13	94	21	20,22
322120492-01	0,52	29	98	11	10,48
32209474-01	0,43	11	96	9	8,57
32210743-01	0,72	17	96	35	34,28
32210743-02	0,77	18	96	36	35,23
32210744-01	0,43	14	97	32	31,57
32808280-01	0,34	48	99	39	38,66
328150069-01	0,59	47	99	40	39,41
328150069-02	0,55	44	99	39	38,45

Com base na análise referida (apresentada na Tabela 3), foi possível concluir que a percentagem de inatividade nos artigos tipo “A” ronda os 97%, sendo a margem existente para tempos de espera também bastante elevada, cerca de 26 dias. Tais resultados, evidenciam e auxiliam a quantificação dos problemas atualmente existentes relativos à falta de componentes e aos *mudas* de movimentação, demonstrando as enormes oportunidades de melhoria existentes.

3.6 Meios de Movimentação e/ou Elevação Utilizados

Na Efacec AMT são utilizadas Euro paletes (800×1200mm) que são movimentadas e/ou elevadas com o recurso aos seguintes equipamentos:

- **Porta-paletes elétrico** – Este é o sistema de manuseamento de paletes mais utilizado para cargas até 3000 kg, sendo que o próprio operador também é transportado. Este é, portanto, o equipamento atualmente utilizado para manipular as celas dentro da fábrica. Para ser possível a sua movimentação no chão de fábrica, os corredores deveram ter uma largura de pelo menos 1,7 m;
- **Empilhadores a gás** – São sistemas motorizados que permitem a movimentação e elevação de cargas até os 5000 kg. Este tipo de empilhadores possuem garfos de 1,300 m com deslocamento lateral. Neste caso, a fonte de energia dos mesmos é o gás natural e, por esta razão, não estão autorizados a circular dentro das instalações da empresa, sendo apenas utilizados para descarregar e carregar os camiões/contentores na receção de materiais e na expedição dos produtos finais, respetivamente.
- **Empilhadores elétricos**– Neste caso, a fonte de energia é a energia elétrica, podendo circular tanto no interior como no exterior da fábrica. Estes possuem garfos de 1,300 m com deslocamento lateral, uma capacidade de carga máxima de 3000 kg com uma elevação de até 4150 mm e mastros triplos. Estes são utilizados não só para a

movimentação de celas no armazém central como também para descarregar e carregar os camiões/contentores na receção de materiais e na expedição dos produtos finais, respetivamente. Não circulam em mais nenhuma área da fábrica, pois necessitam de amplos corredores para o efeito.

- **Empilhadores “Stackers”** – São empilhadores utilizados para pequenas cargas (até 2000 kg) e para alturas até 8 m. São utilizados para elevar celas ou materiais no interior da fábrica.
- **Ponte rolante** – É um equipamento para elevação e movimentação de cargas, sendo destinada à manipulação de objetos grandes e pesados, cuja movimentação manual seria de elevada dificuldade. No caso presente, a ponte é utilizada para a movimentação dos ISFs e de celas que não se encontrem nas pontas do estaleiro de montagem dos produtos Normafix e nas situações em que não há espaço suficiente para utilizar um porta-paletes;
- **Carrinhos Logística Interna (*mizusumashi*)** – Utilizados para a rota diária de abastecimento dos artigos em Aquiles e em *kanbans*.
- **Carrinhos com rodas** – São utilizados para a realização do *picking*, que é realizado para cada projeto. Os artigos que se pretendem recolher podem estar armazenados em Aquiles ou em *kanban* (Guedes 2017).

3.8 Cálculo de Métricas e Indicadores

Para que seja possível avaliar as sugestões de mudança e melhoria que serão apresentadas, é fundamental tornar mensuráveis os problemas existentes atualmente na gama de produtos Normafix. Assim, considerou-se pertinente calcular o *Takt Time*, o *Cycle Time*, o *Lead Time*, o WIP e o OTD.

- ***Takt Time***

Foram calculados 2 valores distintos para o *Takt Time*, o *Takt Time* tendo em conta os valores das vendas dos produtos da gama Normafix de 2017, assim como o *Takt Time* previsto para o ano 2021.

O tempo disponível líquido, calculado na Equação 3.1, será igual nos dois casos, tendo-se considerado uma taxa de repouso de 9,59% para as 8 horas diárias de trabalho. Na Efacec AMT apenas existe 1 turno de trabalho, das 8h00 às 17h00, sendo disponibilizada 1 hora para o almoço.

$$\text{Tempo disponível líquido} = 8 \times \left(1 - \frac{9,59}{100}\right) = 7,2328 \text{ h/dia} \quad (3.1)$$

Para o cálculo da necessidade do mercado ou da procura, foram considerados os valores do plano mestre de produção de 2017 para o Normafix 24 e 36. No caso da procura para 2021, foi aplicada uma taxa de crescimento prevista de 43%.

Assim, tem-se:

Necessidade Mercado 2017:

- Normafix 24 – 302 unidades/mês
- Normafix 36 – 182 unidades/mês
- Total= 484 unidades/mês
- 1 mês = 20 dias úteis

$$Takt\ Time\ (2017) = \frac{7,2328 \frac{h}{dia} \times 20\ dias \times 60\ min}{484} \approx 18\ min \quad (3.2)$$

Necessidade Mercado 2021:

- Normafix 24 – $302 \times 1,43 \approx 432$ unidades/mês
- Normafix 36 – $182 \times 1,43 \approx 261$ unidades/mês
- Total= 693 unidades/mês
- 1 mês = 20 dias úteis

$$Takt\ Time\ (2021) = \frac{7,2328 \frac{h}{dia} \times 20\ dias \times 60\ min}{693} \approx 13\ min \quad (3.3)$$

Atualmente, a montagem da gama de produtos em análise é realizada em estaleiro, logo a montagem é iniciada consoante a disponibilidade da área produtiva da fábrica e da mão de obra. Assim, o *Takt Time* calculado para o ano de 2017 é apenas um valor teórico, da velocidade da produção que teria que existir caso houvesse uma linha nas condições de procura e de tempo disponível líquido atuais. Pode perceber-se que o *Takt Time* é tendencialmente mais curto com o passar dos anos devido ao aumento da procura, sendo que, para o ano de 2021, é necessário que uma cela Normafix demore em cerca de 13 minutos a ser produzida.

• Cycle Time

Atualmente não existe propriamente um *Cycle Time*, pois não existe fluxo, nem uma linha. No entanto, pode ser calculado o tempo de ciclo analisando o *bottleneck* do processo.

De forma a encontrar o *bottleneck*, foram consultados os dados históricos de 2017 dos registos de tempos realizados para os artigos tipo “A”, tal como se pode ver na Tabela 4.

Tabela 4 - Determinação do *bottleneck* do processo Normafix

Artigo	Tipo	Montagem (min)	Eletrificação (min)	Ensaios (min)	<i>Bottleneck</i>
322130050-01	Normafix 24	31,0	<u>75,7</u>	27,4	Eletrificação
322140290-01	Normafix 24	113,5	<u>236,2</u>	90,0	Eletrificação
322120493-01	Normafix 24	117,2	<u>252,0</u>	271,4	Eletrificação
32211057-02	Normafix 24	49,8	45,6	<u>180,0</u>	Ensaio
322120492-01	Normafix 24	<u>64,0</u>	32,9	<u>64,0</u>	Ensaio
32209474-01	Normafix 24	35,4	59,4	<u>60,0</u>	Ensaio
32210743-01	Normafix 24	44,0	85,0	<u>120,7</u>	Ensaio
32210743-02	Normafix 24	45,0	<u>115,0</u>	110,0	Eletrificação
32210744-01	Normafix 24	33,8	<u>60,0</u>	30,0	Eletrificação
32808280-01	Normafix 36	4,7	13,7	<u>67,1</u>	Ensaio
328150069-01	Normafix 36	63,5	<u>69,1</u>	60,0	Eletrificação
328150069-02	Normafix 36	49,5	<u>65,2</u>	60,0	Eletrificação

Considerou-se que sempre que existem 2 *bottlenecks* e um deles corresponde à fase de Ensaio, o *bottleneck* são os Ensaio, já que o número de colaboradores disponível para a sua execução é bastante reduzido, resultando muitas vezes em tempos de espera pela disponibilidade dos mesmos.

$$\% \text{ Bottlenecks na Montagem Normafix 24} = \frac{0}{9} \times 100 = 0\% \quad (3.4)$$

$$\% \text{ Bottlenecks na Montagem Normafix 36} = \frac{0}{3} \times 100 = 0\% \quad (3.5)$$

$$\% \text{ Bottlenecks na Eletrificação Normafix 24} = \frac{5}{9} \times 100 \approx 56\% \quad (3.6)$$

$$\% \text{ Bottlenecks na Eletrificação Normafix 36} = \frac{2}{3} \times 100 \approx 67\% \quad (3.7)$$

$$\% \text{ Bottlenecks nos Ensaios Normafix 24} = \frac{4}{9} \times 100 = 44\% \quad (3.8)$$

$$\% \text{ Bottlenecks nos Ensaios Normafix 36} = \frac{1}{3} \times 100 = 33\% \quad (3.9)$$

Analisando os dados apresentados, pode concluir-se que o *bottleneck* do processo é a fase de Eletrificação tanto para o Normafix 24 como para o 36 e que o *Cycle Time* é igual a 252,0 min e a 69,1 min, respetivamente. No entanto, na prática, atualmente não é a fase Eletrificação que limita a montagem do Normafix, mas sim a fase de Ensaios pela razão anteriormente mencionada. Assim, compreende-se a importância de formar mais colaboradores para a realização de tarefas de inspeção e ensaios.

- **Lead Time**

O *Lead Time* corresponde ao valor médio do tempo de atravessamento dos produtos, visto que o próprio processo garante que, quando uma ordem de fabrico se inicia, existe espaço físico e mão de obra disponível. Neste caso, este indicador foi calculado pela diferença de dias entre a data de expedição e a data da reunião de materiais para uma determinada ordem de fabrico. As datas de expedição consideradas tiveram em conta os dias de atraso ou de adiantamento em relação à data prevista inicialmente, mas a data para a reunião de materiais considerada foi a data prevista para esta tarefa, pois não existem os registos das datas reais desta tarefa.

Resultados para 2017:

Lead Time Normafix 24 (2017) = 24,95 dias

Lead Time Normafix 36 (2017) = 37,35 dias

- **WIP**

O WIP corresponde ao número de unidades de produto intermédio, isto é, produto que já iniciou o seu percurso na cadeia de valor e que se encontra algures entre o estado de matéria-prima (SAK ou estrutura metálica) e o estado de produto final (Normafix 24 ou 36). Este indicador foi calculado para o ano 2017 e por semana, visto que o planeamento é realizado também ele semanalmente.

Podem-se consultar nas Equação 3.7 e 3.8, os valores do WIP médio para 2017 para o Normafix 24 e para o Normafix 36, respetivamente:

$$\text{WIP Normafix 24 (2017)} = \frac{\sum_1^{48} \text{WIP semanal 2017}}{\text{n}^\circ \text{ de semanas total}} = \frac{4006}{48} \approx 85 \text{ celas} \quad (3.7)$$

$$\text{WIP Normafix 36 (2017)} = \frac{\sum_1^{48} \text{WIP semanal 2017}}{\text{n}^\circ \text{ de semanas total}} = \frac{1664}{48} \approx 35 \text{ celas} \quad (3.8)$$

$$\text{WIP Normafix total (2017)} = 85 + 35 = 120 \text{ celas} \quad (3.9)$$

- **OTD**

O cálculo do OTD é realizado a partir da média dos OTDs das diversas ordens de venda efetuadas num determinado ano. Numa mesma ordem de venda, podem estar incluídas várias celas e estas podem possuir datas de entrega distintas. Assim, importa clarificar que o cálculo do OTD é feito separadamente para cada cela, logo a quantidade de celas a ser entregue em cada ordem de venda não é considerada.

O OTD de uma ordem de venda é igual à média dos OTD das celas a ela associadas, sendo que este ou é igual a 0% (caso exista um atraso na entrega do produto) ou 100% (caso uma cela seja entregue dentro da janela temporal acordada com o cliente).

Para o cálculo deste indicador foram apenas consideradas as celas expedidas em cada mês, ou seja, se por exemplo uma cela tiver uma data de entrega ao cliente estipulada para março, mas só for entregue em abril, este atraso será contabilizado no mês de abril.

OTD Normafix 24 (2017) = 61%

OTD Normafix 36 (2017) = 56%

4. Soluções Propostas

4.1 Novo Sistema de Montagem

O tema e objetivo da presente dissertação foi, desde início, bastante específico: a conceção de um sistema de montagem com linhas de montagem *One Piece Flow* para os produtos em questão e a análise da sua viabilidade. Fruto da experiência existente e dos dados e resultados de outros projetos internos semelhantes, a equipa da Engenharia Industrial acredita que o paradigma atual da produção em estaleiro tem que ser totalmente abandonado, de forma a ser possível acompanhar o crescimento na procura dos seus produtos.

Inicialmente, as dificuldades em encontrar vantagens numa solução deste género para os produtos Normafix foram muitas, visto que estes produtos, apesar de serem os mais *standard* da Efacec AMT, ainda assim apresentam uma enormíssima variedade de opções e particularidades e, conseqüentemente, existe uma vastíssima gama de artigos finais. Para além destes problemas, existe ainda o grande calcanhar de Aquiles da empresa, a falta de componentes recorrente, o que iria resultar em linhas constantemente paradas. Por estas razões, não parece ser possível projetar linhas de produção para um produto com tais características, visto que teoricamente isso apenas faria sentido numa situação de produção em massa.

Apesar de todos os aspetos referidos anteriormente, pensou-se em seguir o mesmo raciocínio utilizado na Efacec Índia relativamente à produção de SAKs. Nesta fábrica, existem linhas onde são produzidas as partes comuns dos produtos finais, sendo realizadas as personalizações na fábrica portuguesa. Assim, aquilo se decidiu fazer foi distinguir os componentes que são sempre incorporados nas celas daqueles que são opções variadas dos clientes. Os primeiros poderão ser incorporados numa ou mais linhas *One Piece Flow*, enquanto que terá de se encontrar uma solução mais flexível para os segundos.

De seguida e antes de iniciar este projeto, começou-se por listar os benefícios espectáveis da criação destas linhas:

- Diminuição dos *mudas* de movimentação e transporte;
- Diminuição das celas em curso de fabrico;
- Melhor controlo dos tempos de produção;
- Menores *Lead Times* e, conseqüentemente, um melhor OTD;
- Menor área fabril ocupada (libertando espaço fabril para a montagem de novos produtos);
- Maior facilidade em transferir para a equipa de logística interna as atividades sem valor acrescentado para o produto;
- Aumento da capacidade produtiva da fábrica com relativamente pouco investimento.

Depois de identificadas as possíveis vantagens da projeção destas linhas, iniciou-se a abordagem dos diversos aspetos do seu funcionamento.

4.1.1 Junção vs. Separação do Normafix 24 e 36

Uma das primeiras questões que surgiram durante a execução deste projeto foi se o Normafix 24 e 36 deveria ser produzido em conjunto ou em separado, isto é, se a criação de um único sistema de montagem faria sentido ou não.

Alguns dos fatores que foram considerados nesta análise foram: a diferença nas dimensões e peso máximo do Normafix 24 (970×1000×1975 mm, 460 kg) e 36 (1265×1200×2410 mm, 1000 kg), a divergência existente no tempo de ciclo dos mesmos (252,0 min e 69,1 min, respetivamente) e a semelhança no que toca aos requisitos de manipulação, no tipo de componentes incorporados e nas tarefas desempenhadas em cada um dos produtos. Pode ser consultado um resumo das vantagens e desvantagens de cada uma das opções na Tabela 5.

Tabela 5 - Quadro resumo de vantagens e desvantagens: Junção vs. Separação do Normafix 24 e 36

Opção: Junção		Opção: Separação	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
1. Menor área fabril ocupada. 2. Concentração da variabilidade de componentes em postos de trabalho comuns ao Normafix 24 e 36 (vantajoso a nível de equipamentos, de estruturas e de mão de obra). 3. Rota <i>mizusumashi</i> para apenas um sistema de montagem.	1. Sobredimensionamento dos postos de trabalho (o Normafix 36 possui maiores dimensões e é produzido em menor quantidade). 2. Necessidade de se adaptar o posto de trabalho em termos de altura, visto que o Normafix 36 é mais alto que o Normafix 24. 3. Necessidade de um maior investimento na formação dos trabalhadores (terão que ser capazes de montar Normafix 24 e 36). 4. O trabalho da equipa da logística interna terá uma acrescida complexidade (devido ao elevado número e à variabilidade de componentes existente).	1. Menor investimento necessário na formação dos colaboradores. 2. Bordos de linha mais simples (com menor variabilidade de componentes e ferramentas). 3. Os postos de trabalho estarão sempre dimensionados para o tipo de cela aí presente (Normafix 24 ou 36).	1. Duplicação de postos de trabalho e bordos de linha (aumento no investimento em estruturas, equipamentos e em mão de obra). 2. Maior área fabril ocupada. 3. A rota do <i>mizusumashi</i> será mais comprida, e possivelmente será necessária a existência de mais do que uma rota.

Após uma cuidada análise das questões referidas anteriormente, concluiu-se que se deverá optar pela conceção de um sistema de montagem único para o Normafix, visto que um dos objetivos centrais da Efacec AMT é diminuir a área fabril dedicada a este produto. Outro aspeto altamente considerado nesta decisão foi que a separação do Normafix iria ampliar a necessidade de gestão da mão de obra, fruto das transferências de trabalhadores necessárias entre os dois sistemas de montagem.

4.1.2 Posição Ideal do Normafix

Uma outra questão que surgiu foi: Qual será a posição do Normafix mais favorável para esta nova solução de montagem em termos ergonómicos, tendo em conta o tipo de operações a desempenhar?

Tal como se pode observar na Figura 9 do capítulo 3, atualmente o Normafix é montado, eletrificado, ensaiado e embalado na posição vertical. Apesar de aparentemente poderem

surgir algumas questões ergonómicas relacionadas com a necessidade de os trabalhadores subirem e descerem um degrau (diferença de alturas igual a 435 mm) para serem capazes de trabalhar nos dois tipos de Normafix, esta revela-se, ainda assim, a melhor posição de trabalho.

O trabalho com o Normafix deitado (na posição horizontal) revela-se impossível, visto que o acesso ao interior da cela passaria a ser apenas possível por uma das duas laterais com abertura da cela, o que impossibilitaria algumas das tarefas a desempenhar nas celas. Por outro lado, não só a área ocupada pela linha seria muito superior, como a própria gravidade não permitiria realizar corretamente alguns dos ensaios da cela, tais como as manobras de fecho e abertura, os ensaios à bobine com um simulador de fusível, entre outros. Apesar de não ser impossível projetar um mecanismo que possibilite a mudança da posição das celas, consoante o posto de trabalho e o tipo de tarefas a desempenhar, tal não se apresenta como uma solução prática nem financeiramente viável.

Finalmente, mesmo que as desvantagens anteriormente mencionadas não existissem, surgiriam novas questões relativas ao aumento significativo do alcance horizontal necessário.

4.2 Estudo de Tempos

Tendo em conta o que foi anteriormente descrito no subcapítulo 3.5 relativamente à metodologia atual de determinação das gamas operatórias, foi preciso pensar em qual seria o melhor método para recolher novos dados temporais de forma a que estes fossem o mais fiáveis possível e de uma forma suficientemente rápida, para ir ao encontro do horizonte temporal deste projeto.

Fez-se primeiramente uma análise de que gamas operatórias realmente teriam interesse para este projeto e chegou-se à conclusão de que interessava determinar as gamas dos componentes dos produtos tipo “A”, assim como as gamas operatórias para o pior caso possível dos ensaios e da expedição.

Inicialmente, planeou-se realizar o cálculo dos tempos para cada componente e tarefa pela média de várias observações, alterando o colaborador em atividade. Para os diferentes tempos filmados, o número de observações poderia variar consoante a duração dos mesmos, idealmente 10 filmagens para tempos curtos e 5 filmagens para tempos mais longos. No caso particular de períodos longos em que a parte aleatória fosse reduzida (como por exemplo tarefas com uma parte do tempo *standard* e com *setups* variáveis, desprezáveis relativamente ao tempo total), admitir-se-ia a realização de apenas 1 filmagem.

Infelizmente, a realização da presente dissertação coincidiu com um pico negativo nas encomendas e produção do Normafix, o que resultou em dificuldades no cumprimento da metodologia inicialmente prevista para a realização do estudo de tempos. Assim, e como resposta às dificuldades encontradas, procurou-se realizar o maior número de filmagens possível de cada um dos componentes e tarefas, calculando a média dos tempos encontrados. Ainda assim, e também fruto da enorme diversidade de componentes existente, a incorporação de alguns dos componentes e de algumas tarefas não pôde ser acompanhada. Desta forma, aqueles tempos que não foi possível retirar das filmagens, foram determinados por extrapolação de outros componentes/tarefas semelhantes ou com auxílio da vastíssima experiência do chefe de linha.

Importa compreender que as gamas operatórias da produção foram determinadas sem haver distinção entre os tempos dedicados à montagem e à eletrificação, visto que no sistema de montagem a projetar pretende-se acabar com tal divisão de tarefas, já que estas apenas acrescentam *mudas* de tempos de espera e de movimentação. Deixou-se também de parte a divisão de tempos em “Montags” e “Gamas 0”, visto que o tempo de interesse é o tempo total (montagem, eletrificação e manuseamento do componente).

O vastíssimo estudo de tempos elaborado pode ser consultado no Anexo F.

4.3 Definição do Novo Sistema de Montagem e Balanceamento das suas Linhas

4.3.1 Estudo de Métodos

Começou por realizar-se um estudo de tempos (descrito no subcapítulo 4.2 e apresentado no Anexo F) e métodos, isto é, para além de ser necessário perceber quanto tempo é necessário dedicar a cada um dos componentes dos artigos tipo “A”, é igualmente fundamental perceber a sequência pela qual são realizadas essas tarefas.

Expansão da Matriz de Competências

No presente projeto, esse trabalho foi ainda mais complexo, pois foi necessária uma redefinição de processos. Apesar de atualmente a sequência de trabalhos do Normafix se encontrar separada em: Montagem, Eletrificação, Ensaios e Expedição; pretende-se alterar completamente esse paradigma e, tal como já foi referido, realizar uma abordagem por componente. Tal decisão foi tomada com base no estudo de métodos realizado. Foi identificado que um dos maiores problemas do sistema de montagem atual do Normafix é esta divisão rígida de tarefas. O *Lead Time* das celas é bastante agravado por esta separação de tarefas existente. Também se verifica uma enorme falta de transversalidade entre os serralheiros, os eletricistas e os técnicos de ensaios e, por esta, razão, quando surge um problema que não lhes diz diretamente respeito, surge a necessidade de pedirem auxílio a outro elemento, resultando em tempos de espera, devido a estas trocas.

Assim, uma das mudanças que se pretende implementar é a abolição do conceito de serralheiro e eletricista, sendo estes daqui em diante considerados colaboradores da produção, isto é, pretende-se que os trabalhadores sejam mais polivalentes. Uma condição fundamental para que as competências adicionais necessárias sejam adquiridas pelos trabalhadores é que este processo de aprendizagem não seja demasiado ambicioso e que os meios e métodos de formação sejam os adequados, condições estas facilmente concretizáveis na Efacec AMT. Importa também referir que, aquilo que se pretende, não é que colaboradores altamente competentes e especializados em determinadas tarefas (ativo muito valioso numa empresa) sejam desvalorizados e lhe sejam atribuídas tarefas mais simples e generalistas, mas sim aproveitar o elevado conhecimento desses trabalhadores e ampliá-lo. Quanto aos trabalhadores menos especializados, estes ficarão encarregues das operações menos exigentes, mas que ainda assim implicarão algum investimento em formação.

Apesar de parecer vantajoso eliminar também os conceitos de técnicos de ensaios e de equipa de logística externa (equipa responsável pela expedição), tal não foi possível, devido a questões internas da empresa. Por um lado, a equipa de ensaios encontra-se num “patamar” distinto da produção, sendo que o trabalho deles deve apenas ser de diagnóstico de problemas. Por outro lado, a Efacec AMT considera vantajosa a subcontratação atual da equipa de logística, não havendo por isso possibilidade de atribuir funções relacionadas com a produção ou com os ensaios a esses trabalhadores.

Controle de Qualidade

Outra mudança de paradigma na qual se procurou trabalhar foi a do controle de qualidade. Atualmente, existem 2 tipos de controle de qualidade, um contínuo e um final. O controle de qualidade contínuo, é realizado por todos os colaboradores e consiste em preencher uma ficha de não conformidade, caso seja detetado algum defeito visível ao longo do processo de montagem e eletrificação (inspeção visual, sem a realização de qualquer outro tipo de ensaio). Por outro lado, o controle de qualidade final corresponde à fase de ensaios, durante a qual são desempenhadas uma série de testes de forma a garantir que o produto possui a qualidade desejada.

Assim, foi realizada uma análise de forma a tentar antecipar o máximo possível essas tarefas do controle de qualidade final, tendo tido como objetivo a antecipação da detecção dos problemas (apenas seguem para o posto de trabalho seguinte produtos conformes). Com uma detecção precoce dos problemas, estes tornam-se geralmente mais fáceis de solucionar, para além de que os custos associados serão significativamente menores.

Depois de serem estudados e seguidos os diferentes tipos de ensaios, chegou-se a 3 conclusões:

- A medição da pressão do SF₆ no interior do ISF e a inspeção visual são os únicos ensaios propriamente ditos que podem ser antecipados, visto que os restantes implicam que a cela esteja montada e eletrificada na totalidade;
- Os ensaios de tensão e corrente podem ser realizados em simultâneo com o ensaio dielétrico;
- A gravação das chaves e a anotação dos números de série das fechaduras pode também ser antecipada e ser realizada imediatamente após a montagem das fechaduras.

4.3.2 Sequenciamento e Agrupamento de Componentes e/ou Tarefas

Foi executado um estudo de métodos simultaneamente com o estudo de tempos sendo que, com base em observações, filmagens e analogias entre produtos, foi possível encontrar uma sequência lógica para as tarefas a desempenhar em cada artigo tipo “A”. Tal como foi explicado, esta determinação da sequência não foi feita por mera observação direta da situação atual, foi necessário discutir o assunto com os operadores e com o chefe de linha, já que se pretendia juntar as operações de montagem, com as de eletrificação e inserir os diferentes tipos de ensaios o quanto antes, nessa sequência.

Depois de determinada a sequência ideal para cada artigo tipo “A”, rapidamente se notaram as enormes parecenças entre as sequências, ou seja, um padrão que se repetia. Foi com base nesse padrão encontrado que se formaram grupos de componentes, componentes esses que se montam/eletrificam quase simultaneamente ou em conjunto. Os grupos de componentes que foram formados podem ser consultados com maior detalhe no Anexo F, sendo que a sequência de produção encontrada para esses grupos é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 - Sequência de componentes a incorporar no Normafix

Sequência de Produção	N.º Grupo	Descrição Grupo	Nº de Tarefas Associadas	Tempo Total (min)
1.º	Grupo 2	resistências e termostatos	7	54,29
2.º	Grupo 10	fechaduras	5	28,22
3.º	Grupo 1	motorizações	7	189,63
4.º	Grupo 11	caixa de motorização, micros e relés	8	86,58
5.º	Grupo 12	anilhas, parafusos, suportes e detetores	6	21,40
6.º	Grupo 7	PCIs	3	5,00
7.º	Grupo 8	fitas	4	2,00
8.º	Grupo 6	cablagens e outros	9	122,57
9.º	Grupo 3	placas de função e etiquetas	4	3,20
10.º	Grupo 4	equipamento de posto e outro material anexo	6	23,00
11.º	Grupo 5	documentação	4	11,00
12.º	Grupo 9	expedição	7	21,83

Analisando os dados apresentados na Tabela 6, é evidente que os grupos formados se encontram muito desequilibrados em termos de tempos totais. Tal facto deve-se a 2 causas:

- Existem componentes cujos tempos associados ultrapassam o *takt time* de 13 min;
- Apesar dos componentes se encontrarem agrupados, não significa que eles entrar obrigatoriamente na constituição de uma cela (tal constituição dependerá das opções do cliente), logo o tempo total apresentado não corresponde ao tempo máximo dedicado a um determinado grupo nos produtos tipo “A”.

De seguida, desenhou-se um simples esquema representativo dessa sequência de tarefas e agruparam-se os grupos de componentes anteriormente formados, consoante o tipo de componentes neles presentes e a sua função nas celas (Figura 10). No desenvolvimento deste esquema, procurou-se colocar em prática os ideais de controle de qualidade apresentados anteriormente.

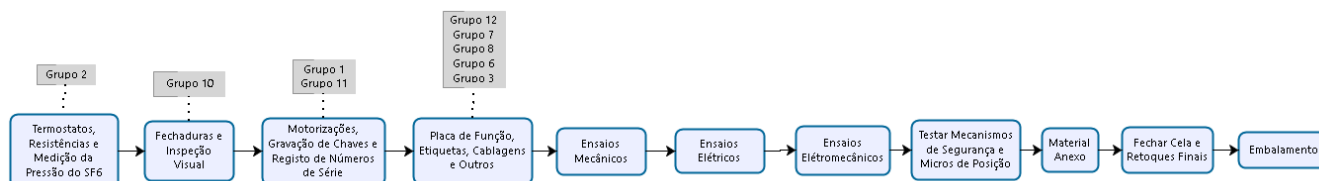


Figura 10 - Esquema representativo geral da sequência de tarefas do processo Normafix

De seguida, procurou-se abordar o facto de existirem componentes/tarefas, cujo tempo ultrapassa o *Takt Time* pretendido de 13 min. Tal situação representa um entrave ao futuro balanceamento dos postos de trabalho, logo terá que ser solucionada.

Componentes/Tarefas – 13 min < Tempo Associado < 26 min

Para os componentes/tarefas para os/as quais o tempo associado é inferior a 26 min, decidiu-se que a solução utilizada passaria por dedicar 2 postos de trabalho a esse mesmo componente/tarefa (e aqueles que fossem capazes de completar o tempo sobran-te) sem que o produto pare ou altere o normal funcionamento da linha.

Os postos nestas situações terão de apresentar uma particularidade, terão que ter alocados aos mesmos trabalhadores móveis, isto é, colaboradores que acompanham o produto ao longo desses 2 postos, de forma a não interromper a tarefa em curso. Cada colaborador trabalha na sua cela, sendo que a única diferença é que estes se movimentam com a mesma, regressando novamente ao primeiro dos 2 postos no final de 2 *takt times*. Tal medida revelou-se necessária porque, com base no estudo de métodos realizado, concluiu-se que é vantajoso que um determinado componente/tarefa seja montado/executada pelo mesmo trabalhador do início ao fim. Apesar da incorporação de um componente poder ser dividida por várias tarefas distintas, pretende-se ir de encontro com aquilo que foi referido no subcapítulo 4.3.1 relativamente às mudanças necessárias nos processos.

Componentes/Tarefas – Tempo Associado > 26 min

Por outro lado, a solução para componentes/tarefas cujo tempo necessário ultrapasse os 26 min (equivalente a 2 postos de trabalho) terá que ser outra, já que nos casos em que esse componente/tarefa não fosse necessário incorporar/executar numa cela, iriam existir 3, 4 ou até mais postos de trabalho parados. Tal situação, iria traduzir-se em custos de mão de obra e de área de fabrico altíssimos e desnecessários. Assim, pensa-se que a melhor forma de contornar esta situação é a criação de postos de trabalho fixos, fora das linhas *One Piece Flow*, por onde as celas terão que passar caso possuam componentes e/ou tarefas com tempos associados superiores a 26 min.

Foi assim, que surgiu o novo esquema representativo do novo processo da Figura 11.

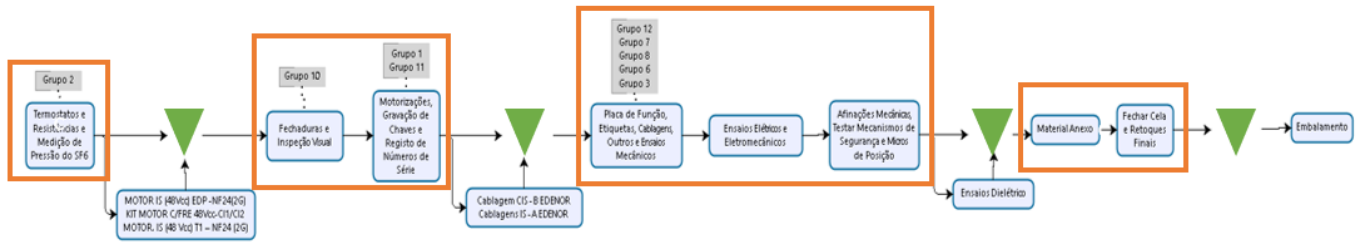


Figura 11 - Esquema representativo do processo Normafix para os produtos tipo "A"

Tal como se pode observar na Figura 11, irão existir 3 grupos de postos fixos que irão dividir os restantes postos de trabalho por 4 linhas distintas (assinaladas a cor de laranja). Estes postos fixos trabalharão a um ritmo diferente do *Takt Time* anteriormente determinado devido aos componentes/tarefas a eles alocados.

4.3.3 Dimensionamento de Bancas de Trabalho

Cada um dos novos grupos apresentados a azul na Figura 11, corresponde a uma banca de trabalho. Neste projeto, considerou-se que uma banca de trabalho corresponde a um conjunto de postos de trabalho dedicados a uma tipologia de componentes ou tarefas, sendo o seu papel apenas facilitar a compreensão da sequência dos postos de trabalho.

Cada banca de trabalho poderá, portanto, possuir vários postos de trabalho de 13 min (*Takt Time* ≈ 13min), sendo que o número de postos necessário para cada banca será o necessário para que todos os componentes possam ser incorporados na cela, tal como se pode perceber pelos cálculos a seguir apresentados. Para a determinação do tempo máximo necessário em cada banca de trabalho, foi realizado este levantamento para cada produto tipo "A" e, o número de postos de trabalho necessários foi calculado tendo em conta o valor máximo desse conjunto de tempos encontrados.

$$N.^\circ \text{ ideal de postos de trabalho (Banca } x) = \frac{\text{Tempo máximo necessário na Banca (min)}}{\text{Takt Time (min)}} \quad (4.1)$$

$$N.^\circ \text{ ideal de postos de trabalho (Banca 1)} = \frac{25,29}{13} \approx 2 \quad (4.2)$$

$$N.^\circ \text{ ideal de postos de trabalho (Banca 2)} = \frac{26}{13} = 2 \quad (4.3)$$

$$N.^\circ \text{ ideal de postos de trabalho (Banca 3)} = \frac{26}{13} = 2 \quad (4.4)$$

$$N.^\circ \text{ ideal de postos de trabalho (Banca 4)} = \frac{26}{13} = 2 \quad (4.5)$$

$$N.^\circ \text{ ideal de postos de trabalho (Banca 5)} = \frac{50}{13} \approx 4 \quad (4.6)$$

$$N.^\circ \text{ ideal de postos de trabalho (Banca 6)} = \frac{26}{13} = 2 \quad (4.7)$$

$$N.^\circ \text{ ideal de postos de trabalho (Banca 7)} = \frac{12,7}{13} \approx 1 \quad (4.8)$$

$$N.^\circ \text{ ideal de postos de trabalho (Banca 8)} = \frac{26}{13} \approx 2 \quad (4.9)$$

4.3.4 Dimensionamento dos Grupos de Postos Fixos

Grupo de Postos Fixos N.º 1

Os componentes que serão incorporados no 1.º grupo de postos fixos são os componentes sublinhados a amarelo no Anexo F que, tal como se pode observar, possuem tempos associados muito elevados.

Pela análise dos produtos tipo “A”, pode concluir-se que 55,44% destes produtos irão passar por estes postos. Assim:

Tempo disponível diário = 7,2328 h \approx 433,9680 min

Logo:

$$\text{Produção Diária} = \frac{7,2328 \times 60}{13} \approx 33 \text{ celas} \quad (4.10)$$

$$\text{N.º celas que passam pelo 1.º grupo} = 0,5544 \times 33 \approx 19 \text{ celas/dia} \quad (4.11)$$

Pode agora calcular-se o n.º de postos de trabalho máximo necessário pela Equação 4.12:

$$\frac{\text{Tempo diário disponível} \times \text{N.º Postos}}{\text{Tempo Máximo Necessário}} = \text{N.º celas que passam no 1.º grupo} \Leftrightarrow \quad (4.12)$$

$$\frac{433,9680 \times \text{N.º Postos}}{136,5400} = 19 \Leftrightarrow \quad (4.13)$$

$$\Leftrightarrow \text{N.º Postos} \approx 6 \quad (4.14)$$

Grupo de Postos Fixos N.º 2

Os componentes que serão incorporados no 2.º grupo de postos fixos são os componentes sublinhados a azul no Anexo F que, tal como se pode observar, possuem tempos associados muito elevados.

Pela análise dos produtos tipo “A”, pode concluir-se que apenas 4,93% destes produtos irão passar pelo 2.º grupo de postos fixos.

Logo:

$$\text{N.º celas que passam pelo 2.º grupo} = 0,0493 \times 33 \approx 2 \text{ celas/dia} \quad (4.15)$$

Pode agora calcular-se o n.º de postos de trabalho máximo necessário, novamente pela Equação 4.12:

$$\frac{433,9680 \times \text{N.º Postos}}{60} = 2 \Leftrightarrow \quad (4.16)$$

$$\Leftrightarrow \text{N.º Postos} \approx 1 \quad (4.17)$$

Grupo de Postos Fixos N. °3

O 3.º grupo de postos fixos destina-se à realização dos ensaios dielétricos. Para o ano de 2021, pretende-se que todas as celas cheguem sobre a forma de SAK do fornecedor e que, por esta razão, venham já ensaiadas dielectricamente. Assim, este grupo será apenas utilizado para os produtos tipo “A”, quando o cliente exija assistir aos ensaios em fábrica ou quando o departamento de controle de qualidade decidir ensaiar as celas de forma aleatória.

Neste caso, não existe informação que nos permita calcular a percentagem de celas que irão passar neste grupo, logo este irá ser dimensionado para 3 postos (3 celas), visto que os ensaios dielétricos são geralmente executados com um quadro de celas.

4.3.5 Solução para os Produtos Tipo “B” e “C”

Apesar do objetivo da presente dissertação ser a conceção de um sistema de montagem para os produtos tipo “A”, não se pode esquecer que 20% dos produtos Normafix 24 e 1% dos produtos Normafix 36, não estão englobados na solução apresentada.

Para este tipo de produtos de menor relevância em termos percentuais de vendas, não faz sentido que exista um grande investimento, logo pode optar-se por uma das soluções:

1. Manter-se uma produção em estaleiro para este tipo de produtos;
2. Ou inserir estes produtos no novo sistema de montagem projetado.

Sem dúvida, que seria muito vantajoso conseguir concretizar a segunda opção apresentada, já que não só se reduziriam os recursos humanos necessários como a área fabril utilizada. Assim, foi encontrada uma forma de se inserir os produtos tipo “B” e “C” no sistema de montagem projetado.

No sentido de se equilibrar o máximo possível os grupos de postos fixos, decidiu-se que todos os componentes dos artigos tipo “B” e tipo “C” que não corresponderem aos componentes de nenhum outro posto das linhas de produção ou do grupo de postos fixos N. °1, serão incorporados no 2.º grupo de postos fixos, concentrando-se nele toda a variabilidade existente. Quanto ao 3.º grupo de postos fixos, neste serão executados também os ensaios de tensão e corrente destas celas.

4.3.6 Quantificação da Variabilidade de Componentes

Foi realizada uma análise para quantificar em termos relativos e absolutos, os produtos Normafix tipo “B” e “C” que poderão ser inseridos na totalidade nas novas linhas de montagem e aqueles que terão que passar pelo 2.º grupo de postos fixos.

Normafix 24

$$\% \text{ Total de Artigos "B" e "C" no Normafix 24} = 8 + 12 = 20\% \quad (4.18)$$

No caso do Normafix 24 surgiu a necessidade de se fazer uma média ponderada mais complexa, já que existe mais do que uma referência de produtos tipo “B” e tipo “C”. Esta média sendo ponderada, tem em conta a importância relativa de cada artigo nas vendas do Normafix 24 de 2017 (MPS de 2017).

Obteve-se que 56,66% dos componentes dos artigos tipo “B” e tipo “C”, podem ser totalmente inseridos nas linhas criadas, enquanto que os restantes 43,34% terão que ainda passar no 2.º grupo de postos fixos.

Normafix 36

$$\% \text{ Total de Artigos "B" e "C" no Normafix 36} = 0,78 + 0,47 = 1,25\% \quad (4.19)$$

Considerando os produtos tipo “B” e “C” do Normafix 36 como o todo, 62,4% corresponde a produtos tipo “B” e 37,6% a tipo “C”. Concluiu-se que 66,7% e 78,95% dos artigos tipo “B” e tipo “C”, respetivamente, podem ser inseridos na totalidade nas novas linhas de montagem.

De seguida, realizou-se uma média ponderada para determinar a mesma % de componentes de artigos tipo “B” e tipo “C” (Equação 4.20), mas agora em relação ao total dos produtos Normafix 36:

$$\% = 0,6667 \times 0,6240 + 0,7895 \times 0,3760 \approx 0,7129 = 71,29\% \quad (4.20)$$

Assim, podemos perceber que apenas $100 - 71,29 = 28,71\%$ dos componentes dos artigos tipo “B” e tipo “C” do Normafix 36, terão que passar pelo 2.º grupo de postos fixos.

Esta análise detalhada serviu para quantificar a diversidade de componentes que serão incorporados no 2.º grupo de postos fixos comparativamente aos das linhas de produção e aos do 1.º grupo de postos fixos. Com base nas percentagens referidas e no número total de componentes distintos dos produtos presentes no MPS de 2017, pode-se concluir que:

- ✓ Nos postos de trabalho das linhas de produção, foram alocados 75 componentes diferentes;
- ✓ No 1.º grupo de postos fixos, 4 componentes;
- ✓ No 2.º grupo de postos fixos serão incorporados, para além dos 2 componentes dos artigos tipo “A”, 101 componentes distintos.

4.3.7 Redimensionamento dos Grupos de Postos Fixos

Tendo em conta a solução encontrada para os produtos tipo “B” e “C”, podemos perceber que será necessário repensar o dimensionamento anteriormente realizado para os grupos de postos fixos N.º2 e N.º3.

Quanto ao grupo N.º2, deixou de se possuir informação relativamente ao tempo máximo que uma cela poderá precisar aí, logo torna-se impossível dimensionar com precisão este grupo. Por esta razão, e tendo em conta as percentagens de artigos que terão que passar por aí, pensa-se que um grupo com 4 postos de trabalho será suficiente (estimativa), sendo que o número de trabalhadores aí presentes deverá ser variável consoante as necessidades. Para o caso do grupo N.º3, pensa-se que 3 postos de trabalho continuarão a satisfazer as necessidades.

4.3.8 Balanceamento das Linhas de Produção

Todos os passos anteriormente detalhados permitiram que o balanceamento para cada uma das linhas de produção pudesse ser realizado com o uso dos gráficos *Yamazumi* apresentados no Anexo G.

É importante esclarecer que a banca 9, dedicada ao Embalamento, não foi contemplada no balanceamento, pois esta trabalha a um ritmo diferente do *Takt Time*. Tal como se pode observar na Figura 12, existem 4 tipos de embalamentos possíveis para as celas, sendo que cada um destes possui tempos associados bastante diferentes. Assim, revela-se pertinente tratar a banca do embalamento de forma semelhante aos grupos dos postos fixos, apesar de que, neste caso, a banca deverá ser posicionada na continuação das linhas anteriormente pensadas, de forma a evitar *mudas* de movimentação.

Banca 9 – Embalamento			
<ul style="list-style-type: none"> 3 postos com 1 operadores Tempo disponível = $13 \times 1 = 13 \text{ min}$ 			
1. Exportação Não-Marítima: Posto 18 <ul style="list-style-type: none"> Cintar = 1,25 min Colocar Filme = 2,2 min Montar Estrutura de Madeira = 4,82 min Pintar Símbolos = 2,7 min Tempo máx. necessário = 10,97 min 	1. Grade Reforçada: Posto 19 <ul style="list-style-type: none"> Cintar = 1,25 min Colocar Filme = 2,2 min Montar Estrutura de Madeira = 7 min Pintar Símbolos = 2,7 min Tempo máx. necessário = 13,15 min Tempo em Falta = $13,15 - 13 = 0,15 \text{ min}$ 	3. Nacional Continental: Posto 20 <ul style="list-style-type: none"> Cintar = 1,25 min Colocar Filme = 2,2 min Tempo máx. necessário = 3,45 min Tempo Livre = $13 - 3,45 = 9,55 \text{ min}$ 	<ul style="list-style-type: none"> Pintar Símbolos = 2,7 min Tempo máx. necessário (1 cela) = 22,01 min Tempo máx. necessário (2 celas) = 23,79 min Tempo máx. necessário (3 celas) = 26,79 min Tempo em Falta (1 cela) = $22,01 - 13 = 9,01 \text{ min}$ Tempo em Falta (2 celas) = $23,79 - 13 = 10,79 \text{ min}$ Tempo em Falta (3 celas) = $26,79 - 13 = 13,79 \text{ min}$
		4. Exportação Marítima/Nacional Ilhas: Posto 21 <ul style="list-style-type: none"> Montagem Base = 1,83 min Colocar Plástico na Base = 1,35 min Soldar Plástico = 4,3 min Cintar = 2,1 min Montar Estrutura de Madeira = 4,82 min 	

Figura 12 - Detalhes relativos à banca dedicada ao Embalamento

Por outro lado, a Figura 12 revela-se útil para garantir que a banca 9 não se tornará um *bottleneck*. O embalamento, tal como foi descrito no subcapítulo 3.4.3, raramente é realizado cela a cela, isto é, por questões de rentabilização económica tanto a nível de material de embalamento, como de espaço nos camiões ou contentores, as celas geralmente são embaladas em grupos de até 3 celas. Assim, o que irá acontecer é que a banca de trabalho dedicada ao embalamento, utilizará o tempo de espera pela reunião de 3 celas ($13 \times 3 = 39 \text{ min}$) para terminar o trabalho relativo às 3 celas anteriores. Mesmo que se faça um embalamento do tipo Exportação Marítima/Nacional Ilhas os Grade Reforçada com apenas 2 celas ($13 \times 2 = 26 \text{ min}$), o tempo é mais do que suficiente para terminar a sequência de tarefas a desempenhar.

No caso dos outros tipos de embalamento, podemos verificar que não há problema, pois o tempo de ciclo é inferior ao *Takt Time* (13 min).

4.4 Meios de Movimentação e/ou Elevação Necessários

Depois de projetado um novo sistema de montagem para o Normafix, fica ainda em falta a determinação do meio de movimentação ideal entre os diferentes postos de trabalho. Aquando da pesquisa de diferentes soluções possíveis, teve-se em consideração que o meio de movimentação deverá ter uma capacidade de carga de 1000 kg (peso máximo do Normafix). Pode ser consultado na Tabela H1 um resumo dos prós e contras de cada uma das hipóteses pensadas.

Tal com se pode constatar pela referida tabela, apesar do significativo investimento necessário, a utilização de AGVs no novo sistema de montagem apresenta inúmeras vantagens, aparentado constituir uma opção viável. Estes equipamentos, para além de permitirem uma automatização muito interessante do sistema de montagem, contribuem para uma diminuição das necessidades de mão de obra por parte da equipa da logística interna e, sobretudo, constituem uma opção altamente flexível, adaptável e ergonómica.

O principal problema encontrado com o uso desta solução é o do risco de queda das celas mais estreitas tanto durante a movimentação, como nos postos de trabalho. Tal problema, encontra-se já a ser estudado pela equipa de desenvolvimento da Efcec de forma a ser solucionado.

Os detalhes de alguns exemplos deste tipo de equipamento podem também ser consultados no Anexo H. Apesar dos exemplos aí presentes serem de equipamentos programáveis, também poderá ser bem-sucedido um equipamento que siga fitas magnéticas ou com alguma tecnologia semelhante.

Finalmente, importa referir que, apesar da eleição dos AGVs como o meio de movimentação ao longo deste novo sistema de montagem, será ainda necessária uma ponte rolante no final do mesmo. Esta será utilizada para manipular as celas que serão expedidas em conjunto (2 ou

3 celas no máximo), visto que é necessário despaletizar as mesmas e colocá-las numa nova base com maiores dimensões.

4.5 Sugestões de *Layout* e Rota *Mizusumashi*

Um aspeto fundamental da concepção deste sistema de montagem é, sem dúvida, a descoberta de um *layout* que vá de acordo com as necessidades descritas ao longo deste trabalho, e que tenha em conta as limitações existentes:

1. O objetivo principal do *layout* é melhorar o fluxo do produto e diminuir a área fabril ocupada;
2. Deverá existir um posto fora das linhas dedicado à resolução de problemas nas celas. Quando existe um problema nos ensaios ou durante a produção das celas, estas poderão ter que ser encaminhadas para este local de forma a desimpedir as linhas, sendo o colaborador aí responsável um especialista no diagnóstico de problemas;
3. Teve de se ter em consideração que, em alguns tipos de celas, deverá ser possível aceder lateralmente às mesmas. Assim, optou por se deixar 0,4 m entre as celas/entre os postos de trabalho, distância suficiente para satisfazer o requisito descrito. Esta distância entre celas garante também mobilidade necessária para que a cela possa sair das linhas.
4. É necessário criar espaço para os *buffers* entre as linhas. Cada *buffer* deverá possuir capacidade para 2 celas;
5. É também necessário criarem-se corredores para que as celas e os meios de movimentação utilizados na fábrica possam circular (1,8 m de largura para que os empilhadores “*stackers*” possam passar).
6. As celas possuem no máximo 1,200 m de largura e 1,265 m de profundidade;
7. As estantes utilizadas para os bordos de linha deverão ter uma largura igual à largura da respetiva banca de trabalho e uma profundidade de 0,8 m. Apesar das estantes terem que ser dimensionadas posteriormente em função dos componentes e *stocks* necessários, foram consideradas estas dimensões com base nas dimensões das estantes utilizadas na linha *One Piece Flow* recentemente implementada na Efacec AMT, de forma a ser possível estimar a área fabril ocupada pelo novo sistema de montagem;
8. O *layout* foi também pensado de forma a simplificar e reduzir ao máximo a trajetória do *mizusumashi* e de forma a facilitar a mobilidade das celas e dos trabalhadores.

Tal como explicado ao longo deste capítulo, não será possível optar-se por um *layout* exclusivamente em linha, existindo a necessidade de tratar isoladamente a banca dedicada ao embalamento e de criar postos fixos.

Os diferentes *layouts* estudados e as rotas *mizusumashi* (representadas pelas setas cor de rosa) para cada um deles podem ser consultados no Anexo I. As linhas a verde fluorescente representam os limites da área do Normafix utilizada atualmente, representado, por esta razão, a área disponível para o novo sistema de montagem. O retângulo da mesma cor, representa o corredor central da fábrica, não devendo ser ocupado. Estes dois elementos dos *layouts*, encontram-se também representados nas Figuras D1 e D3, podendo estas ser consultadas com o objetivo de localizar o novo sistema de montagem na fábrica.

Por outro lado, a azul escuro, encontra-se delimitada a área utilizada em cada um dos *layouts*, sendo que, em alguns dos casos, esses limites encontram-se a vermelho se estes ultrapassam o espaço fabril disponível. A área fabril ocupada para cada um dos *layouts* é a seguinte:

- *Layout* 1: $A \approx 445,18 \text{ m}^2$
- *Layout* 2: $A \approx 408,14 \text{ m}^2$
- *Layout* 3: $A \approx 426,45 \text{ m}^2$
- *Layout* 4: $A \approx 418,01 \text{ m}^2$

- *Layout 5*: $A \approx 396,66 \text{ m}^2$
- *Layout 6*: $A \approx 518,30 \text{ m}^2$

Visto que todos os pontos mencionados anteriormente são cumpridos, em qualquer um dos *layouts*, a escolha poderá basear-se primeiramente no parâmetro “área fabril ocupada”. Assim, elegem-se os 2 melhores *layouts*:

- Um para as instalações da Efacec AMT atuais e que, portanto, respeita os limites espaciais impostos - *layout 5*;
- E outro que não tem em consideração os limites espaciais - *layout 4*.

Com base nas Equações 4.21 e 4.23, foi calculada a percentagem de diminuição da área fabril ocupada atingida, para o *layout 5* e para o *layout 4*, respetivamente.

$$\% \text{ Diminuição Área Ocupada} = \frac{\text{Área 2017} - \text{Área 2021 (layout 5)}}{\text{Área 2017}} \quad (4.21)$$

$$= \frac{1003,02 - 396,66}{1003,02} \times 100 \approx 60\% \quad (4.22)$$

$$\% \text{ Diminuição Área Ocupada} = \frac{\text{Área 2017} - \text{Área 2021 (layout 4)}}{\text{Área 2017}} \quad (4.23)$$

$$= \frac{1003,02 - 418,01}{1003,02} \times 100 \approx 58\% \quad (4.24)$$

O *layout 5*, apesar de apresentar uma menor área ocupada, o fluxo neste é pior, devido ao posicionamento dos *buffers*, que obriga a que as celas se desviem temporariamente da linha, sempre que por eles passem.

Assim, e como a diferença de área fabril ocupada é de apenas $21,35 \text{ m}^2$, pode ser do interesse da empresa, mesmo nas instalações atuais, optar por desviar o corredor principal, de forma a ser possível implementar o *layout 4*.

4.5.1 Funcionamento dos *Buffers* Associados aos Grupos de Postos Fixos

Estes *buffers* são necessários para possibilitar a reintrodução das celas que saem da linha na mesma. Tal como já foi referido, as celas podem ter que se desviar da linha por 2 motivos: para passarem pelos postos fixos ou para se dirigirem ao posto de resolução de problemas.

No primeiro caso, as celas serão reintroduzidas no *buffer* que se encontra imediatamente depois do último posto de trabalho da linha onde estiveram. Por outro lado, no segundo caso, o diagnóstico será realizado e, consoante o problema detetado, este poderá ser facilmente resolvido no posto de resolução de problemas ou, poderá necessitar de passar por alguns dos postos de trabalho novamente. Assim, cabe ao colaborador alocado a esta função decidir qual será o melhor local do sistema de montagem para reintroduzir a cela, sendo que obviamente esta apenas poderá ser reintroduzida onde existirem *buffers*.

A dinâmica detalhada do funcionamento dos *buffers* pode ser consultada no Anexo I.

4.5.2 Funcionamento do *Buffer* de Apoio à Banca de Embalamento

Este *buffer* é necessário por 2 motivos: para armazenar as celas que saem da 4ª linha enquanto o embalamento de um quadro se encontra em execução e para acumular celas que serão embaladas em conjunto. A capacidade de armazenar 2 celas é suficiente pois, assim que

termina o 3º *cycle time*, as 3 celas disponíveis poderão passar diretamente para os postos da banca de embalamento.

4.5.3 Adaptação da Linha a Novos Produtos Tipo “A”

Não se pode nunca deixar de pensar no futuro e, visto que o sistema de montagem em estudo tem como objetivo responder às necessidades futuras, é fundamental estudar aquilo que deverá acontecer quando surgirem novos produtos tipo “A”. Quando tal suceder, o balanceamento e todo o trabalho anteriormente realizado terá que ser repensado. No entanto, todas as escolhas que serão tomadas daqui em diante, deverão ter em consideração que todos os aspetos relacionados com esta nova solução, devem assegurar esta flexibilidade e capacidade de ajuste necessária.

4.6 Bordos de Linha e o seu Método de Abastecimento

O sistema de montagem já foi pensado, mas falta ainda refletir acerca dos seus bordos de linha e o seu método de abastecimento.

Um dos desafios que surgiu foi o de tentar evitar bordos de linha traseiros. Tal como já foi explicado, as celas possuem grandes dimensões (consultar dimensões no Anexo B) e, por esta razão, torna-se impossível, com as formas tradicionais de armazenamento, conseguir que o abastecimento à linha seja frontal. Por outro lado, o abastecimento tradicional lateral também não constitui uma opção vantajosa, visto que não só a rota *mizusumashi* teria enormes dificuldades em aceder aos bordos de linha para os reabastecer como também o movimento dos colaboradores se tornaria bastante limitado, dificultando ou mesmo inviabilizando a sua mobilidade entre postos de trabalho.

Assim, tentou pensar-se em soluções que, dadas as características do produto e da linha desenhada, permitissem o abastecimento à linha frontal ou lateral. Bordos de linha numa posição mais perto do solo não são possíveis devido à altura das celas e à unidade de movimentação eleita. Uma possibilidade para um abastecimento lateral poderia passar pela utilização de estantes que avançassem quando a cela se encontrasse no posto de trabalho e que recuassem quando esta tivesse que passar para o posto seguinte. Não só não se conseguiu encontrar nenhum fornecedor de um equipamento deste género como se concluiu que, em termos mecânicos, tal solução seria muito difícil de se conseguir, visto que o binário necessário para que uma estante avance a distância equivalente à profundidade da cela teria que ser enorme, acrescentando a dificuldade de que muitos dos componentes existentes são artigos bastante pesados.

Finalmente, aceitou-se a necessidade de bordos de linhas traseiros e seguiu-se para um estudo relativamente a qual seria a melhor forma de abastecimento às linhas: *kanban*, *junjo* ou *kitting*.

Com base no estudo do subcapítulo 4.3.6 relativamente à variabilidade de componentes existente nas linhas de montagem e em cada um dos grupos de postos fixos, foi possível perceber que tipo de abastecimento de componentes e material faz mais sentido existir em cada banca de trabalho. Tais conclusões encontram-se apresentadas na Tabela J1. Nas bancas de trabalho exclusivamente dedicadas aos ensaios, não existe abastecimento de material, daí os “-” presentes na tabela.

Por outro lado, pode ser consultado nas Tabelas J2 e J3 o levantamento realizado das ferramentas e equipamentos necessários em cada banca de trabalho, assim como sugestões relativamente ao tipo de estantes e suportes de ferramentas a utilizar.

4.7 Falta de Material

Um aspeto importante que ainda não foi mencionado é como irá ser contornado o grande problema que representa a falta de material. Com a criação de linhas *One Piece Flow*, não é admissível que as linhas sejam interrompidas por falta de abastecimento de componentes aos postos de trabalho, caso contrário não fará sentido a implementação das mesmas.

O problema em questão não é algo que seja possível resolver na presente dissertação, visto que envolve fornecedores e a sua capacidade financeira. Assim sendo, pensou-se na criação dos sequenciadores e algumas regras para garantir que este problema é contornado e que não interfere com o bom funcionamento das linhas.

Uma ordem de fabrico é lançada com base no planeamento semanal. No entanto, esta só deve ser iniciada quando todos os componentes necessários à sua montagem estejam disponíveis no sistema informático da empresa, isto é, o *picking* do material necessário à sua montagem do início ao fim e do seu material anexo só será iniciado se, teoricamente, estiverem disponíveis todos os materiais. Infelizmente, como é fácil perceber, esta regra não é suficiente para garantir que não existirão faltas na lista de materiais e/ou na LMA, visto que o sistema informático apenas atualiza uma vez por dia, à noite. É por esta razão que surge a necessidade de criar o conceito de sequenciadores.

Os sequenciadores foi o nome atribuído aos colaboradores da logística interna que estarão encarregues de fazer o *picking* daqueles componentes que serão abastecidos por *kitting* ou *junjo*, sendo que este terá que passar a ser feito de forma sequencial. Estes colaboradores farão a recolha de todos os artigos necessários para a linha e para os postos fixos, pela sequência pela qual estes serão utilizadas. Caso algum artigo não esteja disponível, todos os artigos relativos a essa ordem de fabrico serão devolvidos aos locais onde se encontravam anteriormente armazenados. Durante todo este processo, terão que ser dadas saídas e entradas no sistema informático, de forma a que este se encontre o mais atualizado possível, sendo que, no caso de existirem faltas, estas terão que ser reportadas e analisadas.

Apenas as ordens de fabrico, cujo sequenciador responsável tenha sido capaz de recolher todos os artigos necessários, poderão ser iniciadas na linha.

4.8 Fluxo de Informação

Durante o processo Normafix, existe a necessidade de consulta de diversos documentos, assim como de recolher algumas informações relativamente ao trabalho desempenhado ou aos componentes incorporados. Na Tabela J4, podem ser consultados os documentos aos quais os colaboradores devem ter acesso em cada uma das bancas de trabalho.

4.9 Necessidades de Mão de Obra/Formação

Em primeiro lugar, realizou-se um levantamento e uma avaliação de competências da mão de obra disponível atualmente. Tal análise parece relevante visto que no futuro terá que ocorrer uma redistribuição dos recursos humanos disponíveis.

A análise de competências foi realizada com recurso a matrizes de flexibilidade ou polivalência que podem ser consultadas no Anexo K. Decidiu-se realizar este levantamento separadamente para as tarefas de serralharia, eletrificação e inspeção e ensaios, sendo que alguns dos colaboradores presentes nas matrizes estão neste momento alocados a outras gamas de produtos, tendo, no entanto, formação e experiência de trabalho nos produtos Normafix.

Com base nas matrizes de flexibilidade elaboradas, pode perceber-se que existem:

- 8 colaboradores com a capacidade de realizar qualquer tipo de montagem do Normafix 24;
- 5 capazes de montar o Normafix 36 (possuem níveis competências distintos);
- 4 capazes de eletrificar o Normafix 24 e 36 (nem todos estão aptos a eletrificar CBTs);
- E 13 trabalhadores com conhecimentos para realizar as tarefas de ensaios desta gama de produtos.

Apesar de existirem bastantes trabalhadores aptos a ensaiar o Normafix, atualmente apenas se encontram 4 colaboradores alocados aos ensaios destes produtos, devido à crescente necessidade de mão de obra noutros sistemas de montagem da empresa. Assim, pode-se concluir que existe ainda algum défice de formação nas tarefas da montagem do Normafix 36, assim como nas tarefas relacionadas com os ensaios.

Tal como já foi anteriormente explicado, para que um sistema de montagem *One Piece Flow* como o descrito ao longo deste trabalho tenha sucesso, é necessário que a mão de obra seja capaz de se adaptar à nova realidade proposta e possua as competências necessárias para desempenhar as tarefas descritas. Por outro lado, é também necessário que exista bastante flexibilidade entre funções, de forma a proteger a linha de possíveis picos de produção ou casos de absentismo.

Criaram-se todas as condições necessárias para que, em segundo lugar, seja possível listar as necessidades de mão de obra existentes para a implementação deste projeto assim como para a atribuição de funções:

- 8 Colaboradores da Produção no total para as linhas 1, 2 e 3 (pessoas capazes de desempenhar as funções relacionadas com os Postos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8);
- 4 Colaboradores da Produção para os 2 primeiros grupos de postos fixos (pessoas capazes de desempenhar as funções relacionadas com os grupos de postos fixos N. °1 e N. °2);
- 2 trabalhadores especialistas em ensaios (1 para o grupo de postos fixos N. °3 e outro para o posto de resolução de problemas);
- 6 Colaboradores dos Ensaios para a linha 3 (pessoas capazes de desempenhar as funções relacionadas com os Postos 9, 10, 11, 12, 13 e 14);
- 4 Colaboradores subcontratados da equipa de logística externa (pessoas capazes de desempenhar as funções relacionadas com os Postos 15, 16 e 17 e com a Banca de Embalamento);

Encontra-se no Anexo K um quadro resumo em que são atribuídas as funções a cada trabalhador, assim como as matrizes de flexibilidade para a situação objetivo de 2021. As referidas matrizes foram pensadas de forma a atribuir aos colaboradores mais experientes tarefas mais complexas e de forma a aproveitar ao máximo as competências que cada trabalhador já possui, procurando também poupar recursos relacionados com formação.

Para que o funcionamento da linha seja o desejado e para que não pare, foram também encontradas algumas estratégias:

- Todos os trabalhadores deverão saber trabalhar igualmente bem com o Normafix 24 e 36;
- Se algum Colaborador da Produção alocado às linhas faltar, este deverá ser substituído por um dos Colaboradores da Produção que se encontram nos postos fixos;
- Se algum dos Colaboradores dos Ensaios alocado à linha 3 faltar, este deverá ser substituído por um dos especialistas dos Ensaios;
- Se algum Colaborador da Equipa da Logística Externa alocado à linha 4 ou aos postos dedicados ao embalamento faltar, a sua substituição por alguém competente deverá ser assegurada pela empresa subcontratada;

- Algumas das necessidades de montagem e eletrificação deixam de existir, pois irá considerar-se que todas as celas virão em SAKs (é nesse sentido que a equipa de engenharia está a trabalhar);
- Os trabalhadores alocados aos postos fixos poderão ser dispensados para outros sistemas de montagem da fábrica, consoante as necessidades semanais de produção.

4.10 Identificação e Eliminação dos *Mudas*

Com o mapeamento do processo apresentado no subcapítulo 3.4, foi possível a identificação de diversos desperdícios ao longo da cadeia de valor do Normafix. Na Tabela L1, podem ser consultados os *mudas* encontrados considerados mais relevantes, divididos pelas 5 macro fases identificadas.

Como o âmbito da presente tese não passa por abordar em profundidade as atividades da logística, este subcapítulo pretende apenas orientar com algumas ideias simples aquilo que poderá ser implementado no futuro de forma a minimizar alguns dos desperdícios identificados. Tais sugestões podem ser consultadas na Tabela L2, sendo que a numeração apresentada pretende estabelecer uma relação com a Tabela L1, anteriormente mencionada.

4.11 Recálculo de Métricas e KPIs

A solução encontrada será avaliada não só com base na área fabril ocupada, mas também tendo em conta a evolução das métricas e indicadores chave descritos no subcapítulo 2.1.3 e calculados para o estado atual no subcapítulo 3.8:

- ***Cycle Time***

Com o novo sistema de montagem *One Piece Flow* irá atingir-se um *Cycle Time* de 13 min.

$$\begin{aligned} \% \text{ Diminuição } Cycle \text{ Time Normafix 24} &= \frac{Cycle \text{ Time } 2017 - Cycle \text{ Time } 2021}{Cycle \text{ Time } 2017} & (4.25) \\ &= \frac{252,0 - 13}{252,0} \times 100 \approx 95\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Diminuição } Cycle \text{ Time Normafix 36} &= \frac{Cycle \text{ Time } 2017 - Cycle \text{ Time } 2021}{Cycle \text{ Time } 2017} & (4.26) \\ &= \frac{69,1 - 13}{252,0} \times 100 \approx 22\% \end{aligned}$$

- ***Lead Time***

Considerando que a reunião de materiais é realizada no dia antes da iniciação da produção, tem-se:

1. Reunião de material – 1 dia = 7,2328 h = 433,97 min;
2. Linhas (tempo máximo) – $13 \times 20 = 260$ min
3. 1.º Grupo de postos fixos – 126,06 min
4. 2.º Grupo de postos fixos – Não se sabe, pois teria que se estudar em profundidade todos os artigos Normafix, incluindo os tipos “B” e “C”. Irá ser considerado o valor máximo para os produtos tipo “A” – 60 min
5. 3.º Grupo de postos fixos – No caso de haver FAT – 2 h = 120 min
6. Embalamento (tempo máximo) – 26,79 min

$$Lead\ Time\ 2021 = 433,97 + 260 + 126,06 + 60 + 120 + 26,79 \quad (4.27)$$

$$\approx 1026,82\ min \approx 17,11\ h \approx \frac{17,11}{7,2328} \approx 2,37\ dias$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Dimin. } Lead\ Time\ Normafix\ 24 &= \frac{Lead\ Time\ 2017 - Lead\ Time\ 2021}{Lead\ Time\ 2017} \\ &= \frac{24,95 - 2,37}{24,95} \times 100 \approx 91\% \end{aligned} \quad (4.28)$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Dimin. } Lead\ Time\ Normafix\ 36 &= \frac{Lead\ Time\ 2017 - Lead\ Time\ 2021}{Lead\ Time\ 2017} \\ &= \frac{37,35 - 2,37}{37,35} \times 100 \approx 94\% \end{aligned} \quad (4.29)$$

- **WIP**

N.º máximo de celas nas linhas de produção = 20 celas

N.º máximo de celas nos *buffers* = $2 \times 4 = 8$ celas

N.º máximo de celas nos grupos de postos fixos de produção = $6 + 4 + 3 = 13$ celas

N.º máximo WIP = $20 + 8 + 13 = 41$ celas

$$\% \text{ Diminuição WIP} = \frac{WIP\ inicial - WIP\ final}{WIP\ inicial} = \frac{120 - 41}{120} \times 100 \approx 66\% \quad (4.30)$$

Importa referir que todos os cálculos apresentados neste subcapítulo 4.11 foram executados para o pior cenário possível e, ainda assim, os resultados obtidos foram muito positivos, tendo os objetivos propostos sido atingidos.

5. Conclusões e Perspetivas de Projetos Futuros

5.1 Cumprimento de Objetivos e Conclusões

O sistema de montagem desenvolvido será constituído por 4 linhas *One Piece Flow* e 4 grupos de postos de trabalho fixos. Ao todo, serão necessários 17 postos de trabalho para as linhas, 13 postos fixos e ainda 1 posto de resolução de problemas.

Associados a estas linhas, existirão também 3 *buffers* com uma capacidade de 2 celas, que possibilitam a reintrodução de celas nas linhas e um quarto *buffer* de igual capacidade, que terá como função acumular celas para que estas possam ser embaladas em conjunto.

Apesar da solução desenvolvida ter sido pensada para os produtos tipo “A” do Normafix 24 e 36, esta revelou-se suficientemente flexível para dar também resposta à montagem dos produtos tipo “B” e “C”. Nesta solução que engloba todos os produtos Normafix, os componentes dos produtos tipo “B” e “C” serão montados nos postos das linhas sempre que estes corresponderem aos componentes aí alocados, caso contrário, esses componentes serão incorporados no 2.º grupo de postos fixos, postos onde será concentrada toda a variabilidade existente. O 3.º grupo de postos fixos passará a ser também utilizado para os ensaios de tensão e corrente destes produtos.

A sequência de tarefas determinada para a realização do balanceamento dos postos de trabalho das linhas teve em consideração a necessidade de se mudarem 2 paradigmas atuais: o da divisão de tarefas e o do controle de qualidade. Atualmente existe uma divisão de tarefas muito estanque na cadeia de valor de Normafix, o que resulta num aumento considerável e desnecessário do *Lead Time* das celas. Por outro lado, o controle de qualidade é realizado, quase na totalidade, no final da produção, sendo que um dos objetivos foi tentar antecipar ao máximo os testes de controle de qualidade, para que os problemas sejam detetados e resolvidos sem um grande tempo e custo associados.

Encontraram-se 2 *layouts* para a linha:

- Um que cumpre as limitações de área existentes no espaço físico atual da empresa, mas cujo fluxo do produto não é o ideal: permite uma redução na percentagem de área fabril ocupada de 60%;
- Outro com um excelente fluxo de produtos, mas que não cumpre as limitações de área, podendo representar uma solução para uma nova fábrica ou para as instalações atuais, caso a empresa esteja disposta a alterar algumas características do *layout* utilizado: permite uma redução na percentagem de área fabril ocupada de 58%.

As celas deverão movimentar-se uma a uma, ao longo do sistema de montagem com AGVs, uma solução que não implica investimento em infraestruturas, possui a capacidade de se deslocar em qualquer direção e garante a segurança no interior da fábrica.

Quanto ao abastecimento da linha e das células de produção, os bordos de linha terão que estar localizados nas costas dos operadores. O método de abastecimento utilizado será por *kanbans* para a grande maioria dos postos de trabalho, com a exceção da banca dedicada ao

material anexo onde, para além de existirem alguns *kanbans*, o material anexo será abastecido por *kitting*, e do 2.º grupo de postos fixos, onde os componentes serão abastecidos por *junjo*. A solução encontrada para contornar os problemas de falta de material da empresa, passa pela implementação de um método de *picking* dos componentes e do material anexo sequencial, garantindo que uma ordem de fabrico só é iniciada quando todos os componentes e material necessário se encontra previamente reunido.

Concluiu-se que, para o correto funcionamento do sistema de montagem projetado, serão necessários 8 Colaboradores da Produção para as linhas 1, 2 e 3, 4 Colaboradores da Produção para os primeiros 2 grupos de postos fixos, 2 colaboradores especialistas em ensaios, 2 Colaboradores dos Ensaios para a linha 3 e 4 colaboradores subcontratados da equipa da logística externa.

O último passo deste trabalho consistiu no estudo da evolução dos indicadores mais relevantes:

- *Cycle Time*: redução de 95% para o Normafix 24 e de 22% para o Normafix 36;
- *Lead Time*: redução de 91% para o Normafix 24 e de 94% para o Normafix 36;
- *WIP*: redução de 66%;

Quanto ao OTD objetivo de 90%, apesar deste apenas poder ser calculado após a implementação do projeto, o objetivo proposto parece facilmente concretizável tendo em conta a evolução das métricas referidas. Assim, podemos concluir que os objetivos propostos não só foram atingidos como foram obtidos resultados ainda mais positivos daquilo que era o esperado.

5.2 Trabalhos Futuros

Apesar de já terem sido apresentadas algumas sugestões ao longo do presente relatório e especialmente no subcapítulo 4.10, existem ainda algumas ideias para trabalhos futuros que não deverão deixar de ser mencionadas.

5.2.1 Implementação de Ajudas Visuais

As ajudas visuais poderão contribuir para uma melhoria na rapidez e eficiência dos trabalhadores do novo sistema de montagem, sendo também uma forma de chamar a atenção para o *standard work*. Algumas das ajudas sugeridas são:

- Implementação do *Software “Smart Wiring”* – Este *software* tem como objetivo auxiliar nas tarefas de eletrificação, permitindo criar animações e vídeos didáticos das tarefas a executar;
- Implementação do *Software “Creo Illustrate”* - Este *software* tem como objetivo auxiliar nas tarefas de montagem, com materiais didáticos semelhantes ao do “*Smart Wiring*”;
- Utilização de realidades aumentadas não só nas instalações da empresa como também como forma de auxiliar o cliente na instalação do produto, melhorando assim o serviço prestado;
- Uso de quadros *Andon* de forma a motivar os trabalhadores e a auxiliar o chefe de linha e o colaborador da banca de resolução de problemas nos seus trabalhos;
- Uso de sistema luminoso nos bordos de linha de forma a auxiliar os trabalhadores a localizar os componentes que necessitam a cada momento.

5.2.2 Utilização de *Tablets* Industriais

Revela-se interessante a possibilidade da utilização de *tablets* nos postos de trabalho, já que podem ser concentrados nestes diversas funções de interesse tais como a consulta de toda a

documentação necessária sem a necessidade de usar papel (e garante-se desta forma que a documentação consultada se encontra sempre atualizada), o preenchimento do relatório de ensaios, o registo dos números de série das fechaduras, o registo da aprovação ou chumbo nos ensaios e na expedição, a consulta das ajudas visuais disponíveis em caso de dúvida, a recolha de fotografias das celas ou do material anexo quando necessário e *upload* imediato das mesmas, a instalação de sistema de leitura de códigos de barras, não só para facilitar o fluxo de informação (especialmente da expedição), como para obter indicadores e localizações das celas em tempo real e a incorporação de uma botoneira virtual com 3 botões, um verde para registar a finalização das tarefas em cada posto de trabalho, um amarelo para pedir assistência do posto de resolução de problemas, e um vermelho para problemas drásticos e que impliquem a paragem da linha.

Para que os *tablets* sirvam de suporte a todas as tarefas referidas, é necessário o desenvolvimento do sistema informático existente e da sua adaptação ao sistema de montagem.

5.2.3 Desenvolvimento de um Algoritmo de Planeamento/Criação de *Buffers* entre as Linhas

Apesar da estimativa realizada para o dimensionamento do número de postos fixos dos 3 grupos ter sido fundamentada, é necessário garantir que as celas menos *standard* e/ou com necessidade de passarem por estes postos fixos, não são produzidas todas seguidas, caso contrário, para além dos postos das linhas a jusante ficarem sem trabalho, poderá não haver capacidade suficiente para suportar tal situação. Por outro lado, apesar das necessidades de mão de obra a cada momento serem variáveis, o ideal é que se consigam evitar picos na produção, conseguindo que essa variação seja gradual.

Assim, sugere-se como projeto futuro o desenvolvimento de um algoritmo de auxílio ao planeamento, procurando equilibrar as características das celas que serão produzidas a cada momento, não esquecendo que os prazos de entrega acordados com os clientes deverão ser cumpridos.

Por outro lado, e como alternativa ao desenvolvimento do algoritmo descrito, poderão ser criados *buffers* entre as várias linhas de montagem, de forma a assegurar que a linha a jusante ficará sempre ocupada (sem entrar em *starving*), enquanto os postos fixos trabalham a um ritmo diferente.

Terá que existir um *buffer* sempre que uma parte do sistema for mais rápida que a parte que lhe segue e sempre que a primeira parte referida não trabalhe em exclusivo para a segunda, tendo em simultâneo de alimentar outras partes e por isso manter um ritmo mais elevado. Numa situação de fluxo contínuo, se as unidades dos postos fixos voltarem todas a entrar numa linha mais adiante ao mesmo ritmo, não será necessário um *buffer*. No entanto, se esse ritmo de entrada das celas que passaram nos postos fixos numa linha for variável (umas celas irão demorar mais tempo do que outras nos postos fixos), terá de ser dimensionado um *buffer*. Em todos os casos é sempre prudente ter espaço para um *buffer*, já que este permite alguma flexibilidade às linhas na eventualidade de surgir algum tipo de problema.

Apesar de ambas as opções constituírem soluções viáveis para os problemas anteriormente descritos, ambas apresentam desvantagens. Enquanto que a utilização do algoritmo poderá retirar bastante flexibilidade ao sistema de montagem projetado, a utilização de *buffers* irá certamente reduzir consideravelmente os benefícios inicialmente previstos para o novo sistema, já que tanto o *WIP*, como o *Lead Time* e a área fabril ocupada irão aumentar.

Referências

- Amaral, Fernando Dias. 2016. *Gestão da Manutenção na Indústria*. Editado por LIDEL.
- Amaro, Cristina Pinto. 2012. "Estudo de Tempos e Métodos no Setor de Pesagem na CIN - Corporação Industrial do Norte", Universidade do Porto.
- Associação Portuguesa de Gestão e Engenharia Industrial. 2017. *Lean 6 Sigma - Green Belt*.
- Bicheno, J. 2004. *The New Lean Toolbox: Towards Fast, Flexible Flow*. 3ª ed. Buckingham: PICSIE Books.
- Carvalho, Isabelle. 2016. Geração, Transmissão e Distribuição de energia elétrica. editado por Geração da energia elétrica. <http://automacao162.blogspot.pt/2016/08/>.
- Coimbra, Euclides A. 2013. *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. Mc Graw Hill Education.
- Costa, I. e P. Arezes. 2013. "Introdução ao Estudo do Trabalho". *Departamento de Produção e Sistemas*.
- Dino Stretch Hood. "Nipper". Acedido a 2 de Junho de 2018. <https://www.dinostretchhood.com/en/nipper/>.
- Eaidgah et al. 2016. "Visual management, performance management and continuous improvement: a lean manufacturing approach". *International Journal of Lean Six Sigma* no. 7 (2).
- Earley, T. 2014. "Lean Manufacturing Tools, Principles, Implementation". Acedido a 2 de março de 2018. <http://leanmanufacturingtools.org/>.
- . 2015. *The seven wastes of lean*.
- . 2018a. "Process Mapping your Value Stream". Acedido a 13 de março de 2018. <http://leanmanufacturingtools.org/542/process-mapping-your-value-stream/>.
- . 2018b. "What is Lean - Lean Manufacturing Definition". Acedido a 15 de fevereiro de 2018. <http://leanmanufacturingtools.org/34/lean-manufacturing-definition-2/>.
- Efacec. 2018a. "Aparelhagem Alta e Média Tensão". Acedido a 1 de abril de 2018. <http://www.efacec.pt/aparelhagem-de-media-e-alta-tensao/>.
- . 2018b. "Quem Somos". Acedido a 1 de abril de 2018. <http://www.efacec.pt/quem-somos/>.
- EMS Consulting Group INC. 2003. "The 7 Wastes in Manufacturing". Acedido a 2 de fevereiro de 2018. <http://www.emsstrategies.com/dm090203article2.html>.
- Fernandes, Mariana. 2017. "Melhorias do processo de planeamento e aprovisionamento de materiais usando *Lean Logistics* numa empresa de produtos de alta e média tensão", Universidade do Minho.
- Frandsen, Adam e Iris Tommelein. 2014. "Development of a Takt-Time Plan: A Case Study".

- Gomes et al. 2013. "Serious games for lean manufacturing: the 5S game". *IEEE-RITA Latin American Learning Technologies Journal* no. 8 (4):191-6. <http://dx.doi.org/10.1109/RITA.2013.2284955>.
- Guedes, Alcibiades. 2017. *Armazenagem e Movimentação de Materiais*. Material de Apoio a Aulas.
- Hall, Robert W. 1998. "Standard Work: Holding the Gains".13-19.
- Halseth, Kelly e David Thompson. *Process Modelling & Mapping: The Basics*
- Henderson, Ian. 2004. 7Ws Elimination of waste – Management training article. PHS Management Training. <http://www.training-management.info/PDF/7Ws%20Elimination%20of%20waste.pdf>.
- IST. 2017. *Estudo dos Tempos*.
- Jackson, Brett e M.S. 2013. *Seven Wastes*.
- KUKA. "KUKA Mobile Platform 1500". Acedido a 2 de Junho de 2018. <https://www.kuka.com/en-de/products/mobility/mobile-platforms/kmp-1500>.
- Lean Consulting. 2006. *Lean Manufacturing: EFACEC AMT*.
- . 2009. *O Lean Six Sigma em Diferentes Contextos*. Lisboa.
- Lean Enterprise Institute. "Shojinka". Acedido a 28 de março de 2018. <https://www.lean.org/lexicon/shojinka>.
- Liker, J. 2004. *The Toyota Way : 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-hill.
- Machado, V.C. e U. Leitner. 2010. "Lean tools and lean transformation process in health care". *International Journal of Management Science and Engineering Management* no. 5 (5):383-392.
- Monden, Y. 1983. *Toyota Production System – Pratical Approach to Production Management*. Georgia: Industrial Engineering and Management Press.
- Moraes, José Donizetti. 2014. *Shojinka*. Acedido a 2 de abril de 2018. <https://pt.slideshare.net/JoseDonizettiMoraes/shojinka-flexibilidade>.
- Ohno, Taiichi. 1988. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland: Productivity Press.
- Pereira, Ron. 2009. "Skill Builder: The Seven Wastes". *iSixSigma*. Acedido a 10 de maio de 2018. http://blog.gembaacademy.com/wp-content/uploads/2009/09/7_wastes_isixsigma_magazine_0909.pdf.
- Pinto, João Paulo. 2015. "A Lei de Little (tornada simples)". Acedido a 03/03. <https://pt.linkedin.com/pulse/lei-de-little-tornada-simples-joao-paulo-pinto>.
- Ramachandran, G.M. e S. Neelakrishnan. 2017. "An Approach to Improving Customer On-Time Delivery Against the Original Promise Date". *South African Journal of Industrial Engineering* no. 28 (4):109-119.
- Simas, André. 2016. "Gestão Visual em Sistemas Lean: Metodologia de Uniformização", Universidade Nova de Lisboa.
- Symons, R. T. e R. A. Jacobs. 1997. "Multi-level process mapping: a tool for cross-functional quality analysis". *Production and Inventory Management Journal* no. 38 (4):71-5.

- Tessari, Ricardo. 2016. "Matriz de Flexibilidade". Acedido a 27 de março de 2018. <http://ricardotessari.com.br/matriz-de-flexibilidade/>.
- Tezel et al. 2009. "The functions of visual management".201-219. Acedido a 10 de maio de 2018. <http://usir.salford.ac.uk/10883/>.
- Wilson, L. 2010. *How to Implement Lean Manufacturing*. New York: McGraw-Hill.
- Wojakowski, P. 2013. "Some Aspects of Visual Management Systems Applied in Modern Industrial Plant".374-380.
- Womack, James P. e Daniel T. Jones. 1996. *Lean Thinking - Banish waste and create wealth in your corporation.*: Simon & Schuster Inc.

ANEXO A: O Grupo Efacec

Efacec no Mundo



Figura A1 - Presença do grupo Efaced no mercado mundial

Vendas da Efaced por Destino no ano 2015

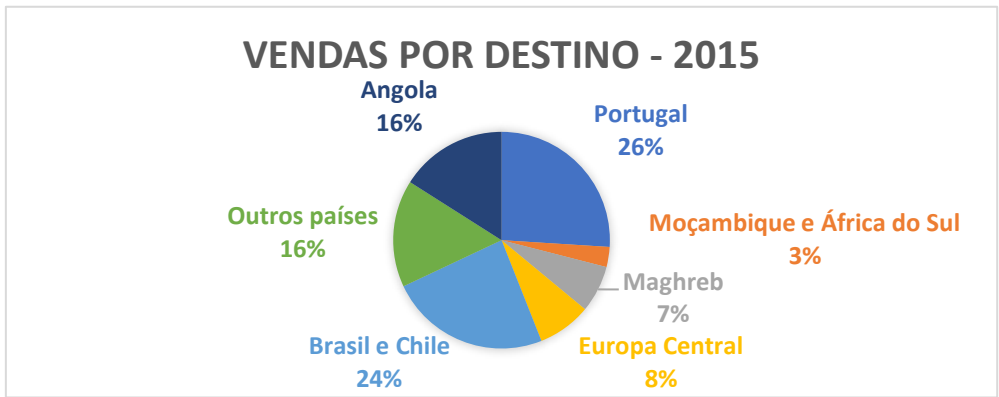


Figura A2 - Distribuição percentual das vendas da Efaced por destino

Estrutura Organizacional Interna

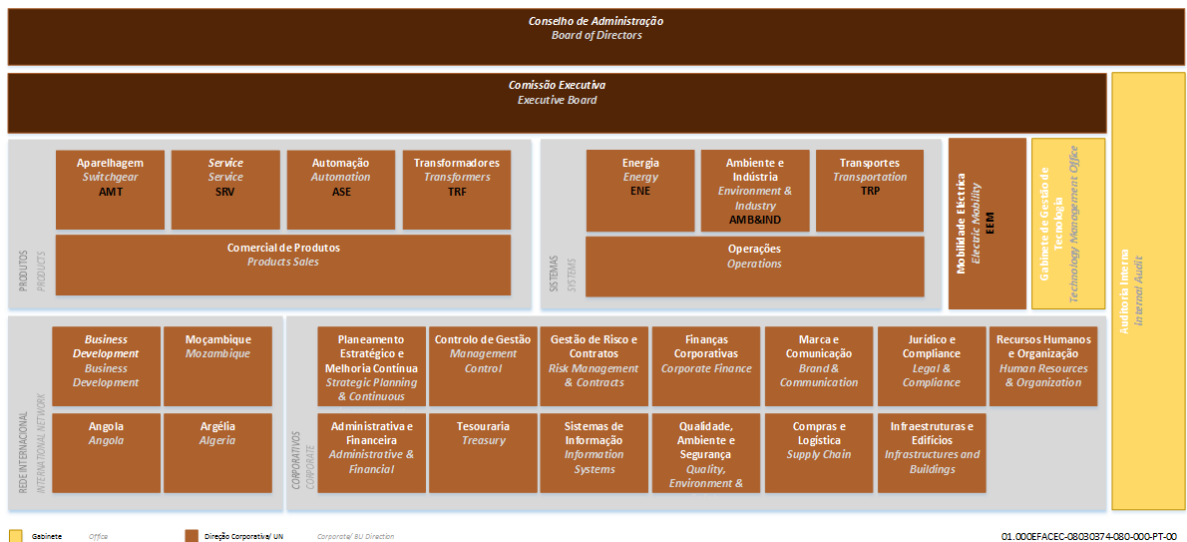


Figura A3 - Organograma da Efaced

ANEXO B: Produtos da Efacec AMT

Produtos para a Distribuição Secundária em Média Tensão

Quadros Modulares – Normafix

- **Dimensões de unidades até 24 kV:**

Tabela B1 - Dimensões Normafix 24 (Efacec 2018a)

Unidade	Largura (mm)	Altura** (mm)	Profundidade* (mm)	Peso (kg)
IS	375	1575 (+400)	860 (+110)	100
CIS	375	1575 (+400)	860 (+110)	110
DC	750***	1575 (+400)	860 (+110)	355
CD	375	1575 (+400)	860 (+110)	80
M	750	1575 (+400)	860 (+30)	175
SBM	750	1575 (+400)	860 (+110)	200
TT	500	1575 (+400)	860 (+110)	150
DB	750	1575 (+400)	860 (+110)	460

* Profundidade de 860mm relativa à base da cela, adicionando 110mm para o mecanismo de comando.

** Altura de 1575mm para a cela base, adicionando 400mm para compartimento de topo.

*** Largura de 750mm para a cela base, adicionando 250mm caso a cela seja equipada com Transformadores de Tensão.

- **Dimensões de unidades de 36 Kv:**

Tabela B2 - Dimensões Normafix 36 (Efacec 2018a)

Unidade	Largura (mm)	Altura** (mm)	Profundidade* (mm)	Peso (kg)
IS	600	2010 (+400)	1155 (+110)	275
CIS	600	2010 (+400)	1155 (+110)	300
DC	1200	2010 (+400)	1155 (+110)	900
CD	600	2010 (+400)	1155 (+110)	245
M	1200	2010 (+400)	1155 (+30)	470
SBM	1200	2010 (+400)	1155 (+110)	560
TT	600	2010 (+400)	1155 (+110)	420
DB	1200	2010 (+400)	1155 (+110)	1000

* Profundidade de 1155mm relativa à base da cela, adicionando 110mm para o mecanismo de comando.

** Altura de 2010mm para a cela base, adicionando 400mm para compartimento de topo.

ANEXO C: Análise ABC

Normafix 24

Item	Descrição	196												196		Classificação
		139	252	379	260,5	272	393,5	295	327,5	273	264	209	Total	/mês	%	
32209314-02	IS375 (630A-17,5KV) - EMB. (2G)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	17		1%	C
32209474-01	CIS375 (200A-17,5KV) - EMB. (2G)	8	8	8	8	6	6	8	6	8	8	8	82		4%	A
32209475-01	CIS375 (200A-12KV) - EMB. (2G)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	22		1%	C
32210121-01	DC 750 c/ DIVAC - FANOX-20KA-SP	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	15		1%	C
32210210-01	DC 750 c/ DIVAC - SEG - 16KA-SP	2	3	2	3	2	3	3	3	2	3	2	28		1%	C
32210331-02	SBM750 SD (630A-17,5KV) - EMB.	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	8		0%	C
32210335-02	SBM750 SE (630A-17,5KV) - EMB.		1		1	1	1		1	1		1	7		0%	C
32210743-01	CELA IS375 (1) EQUIP(SKMK)(2G)		18				18				18		54		3%	A
32210743-02	CELA IS375 (2) EQUIP(SKMK)(2G)		18				18				18		54		3%	A
32210744-01	CELA CIS375 EQUIPAD (SKMK)(2G)		18				18				18		54		3%	A
32211057-02	IS375 (630A-17,5KV) 48Vcc-EMB	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	198		9%	A
322120492-01	Argentina - Edenor			30		30		30		30			120		6%	A
322120493-01	Argentina - Edenor			60		60		60		60			240		11%	A
322120514-01	Argentina - Edenor			8		8		8		4			28		1%	C
322120528-01	Argentina - Edenor			4		4		2					10		0%	C
322120531-01	Argentina - Edenor			7									7		0%	C
322120548-01	Argentina - Edenor						2						2		0%	C
322120551-01	Argentina - Edenor						2						2		0%	C
322120555-01	Argentina - Edenor						9						9		0%	C
322120886-01	Argentina - Edenor				5		5		5				15		0%	C
322130049-01	CELA CIS 375 (EMB.) - DEBBAS	0	0	0	2,5	0	2,5	0	2,5	0	0	18	25,5		1%	C
322130050-01	CELA IS 375 (EMB.) - DEBBAS	36	72	36	72	36	72	36	72	36	72	36	576		27%	A
322130108-01	Argentina - Edenor				10		10		10		10		40		2%	B
322130618-01	CELA DB 750 (EMBALADA)				9								9		0%	C
322140097-01	CELA IS375 EMBALADA (EDEL)			10	0	10		10		10	5		45		2%	B
322140098-01	CELA CIS375 EMBALADA EDEL			5	0	5		5		5	5		25		1%	C
322140290-01	Argentina - Edenor			100			100		100			50	350		16%	A
322140304-01	CELA DB 750 EMBALADA ET (2G)		10		10			10		10			40		2%	B
322140305-01	CELA DC750 EMBALADA ET (2G)		10		15			10		15			50		2%	B
328140117-01	Argentina - Edenor						3						3		0%	C
328140126-01	Argentina - Edenor						3						3		0%	C
328140145-01	Argentina - Edenor						3						3		0%	C
328140212-01	Argentina - Edenor						3						3		0%	C
328150063-01	Argentina - Edenor						8						8		0%	C

Figura C1 - Análise ABC do Normafix 24

Normafix 36

[illegible]

Figura C2 - Análise ABC do Normafix 36

ANEXO D: *Layout* Atual

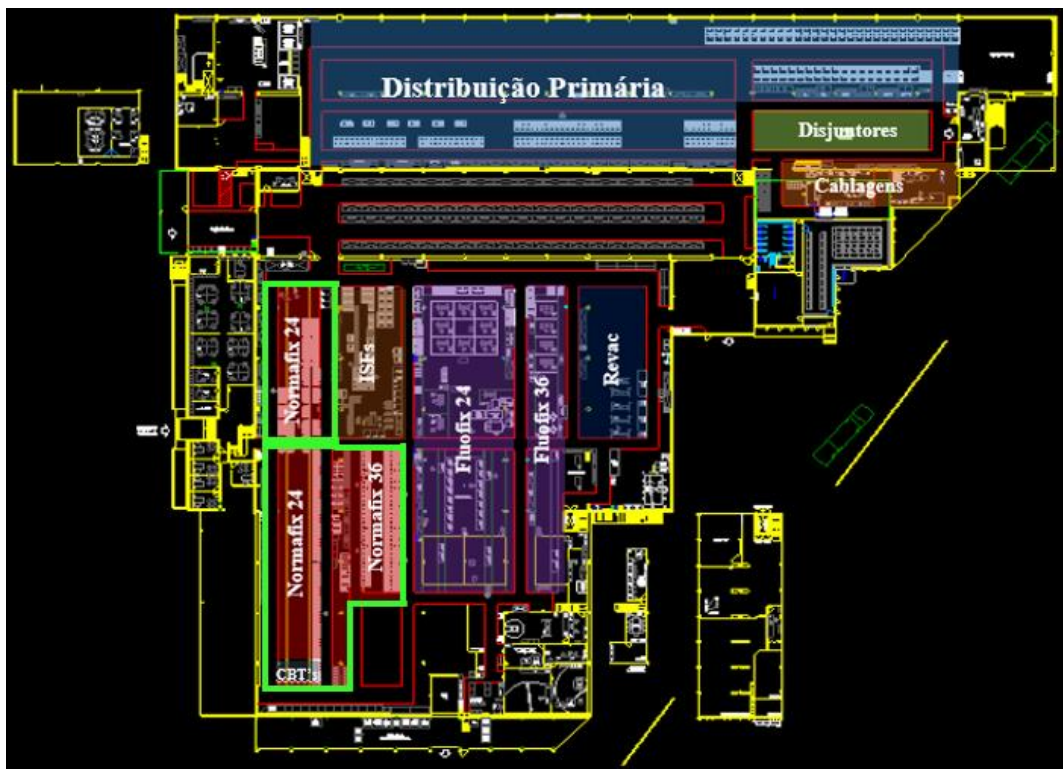


Figura D1 - Identificação das áreas fabris por produto no *layout* fabril atual da Efacec AMT

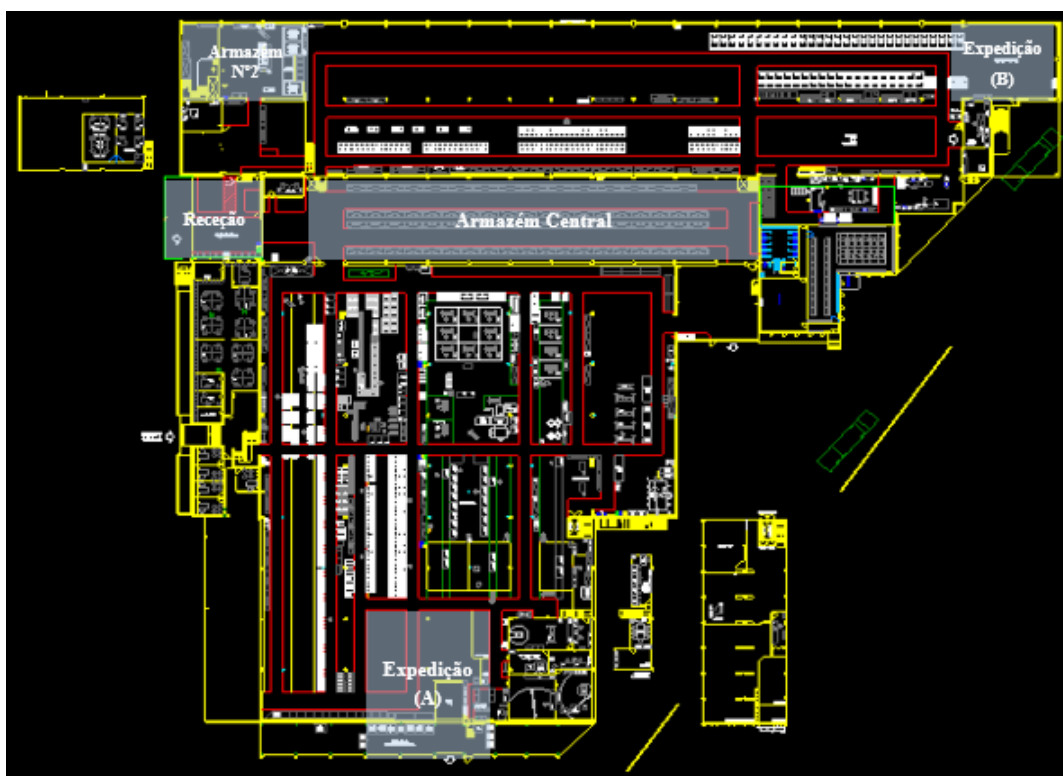


Figura D2 – Identificação das áreas logísticas no *layout* atual da Efacec AMT

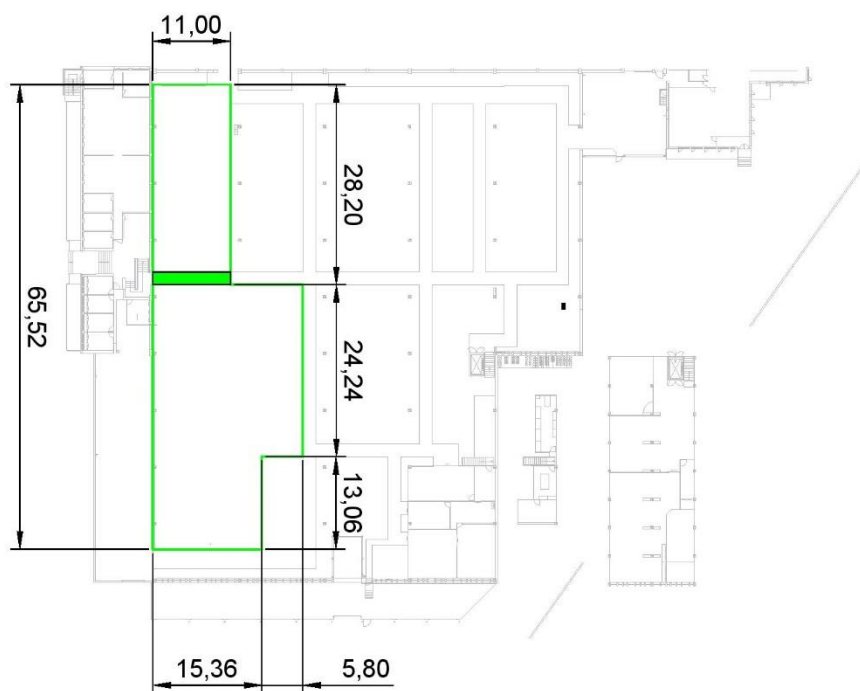


Figura D3 - Identificação da área disponível para o novo sistema de montagem Normafix

ANEXO E: Mapeamento de Processos Multinível

Modelo Global do Processo

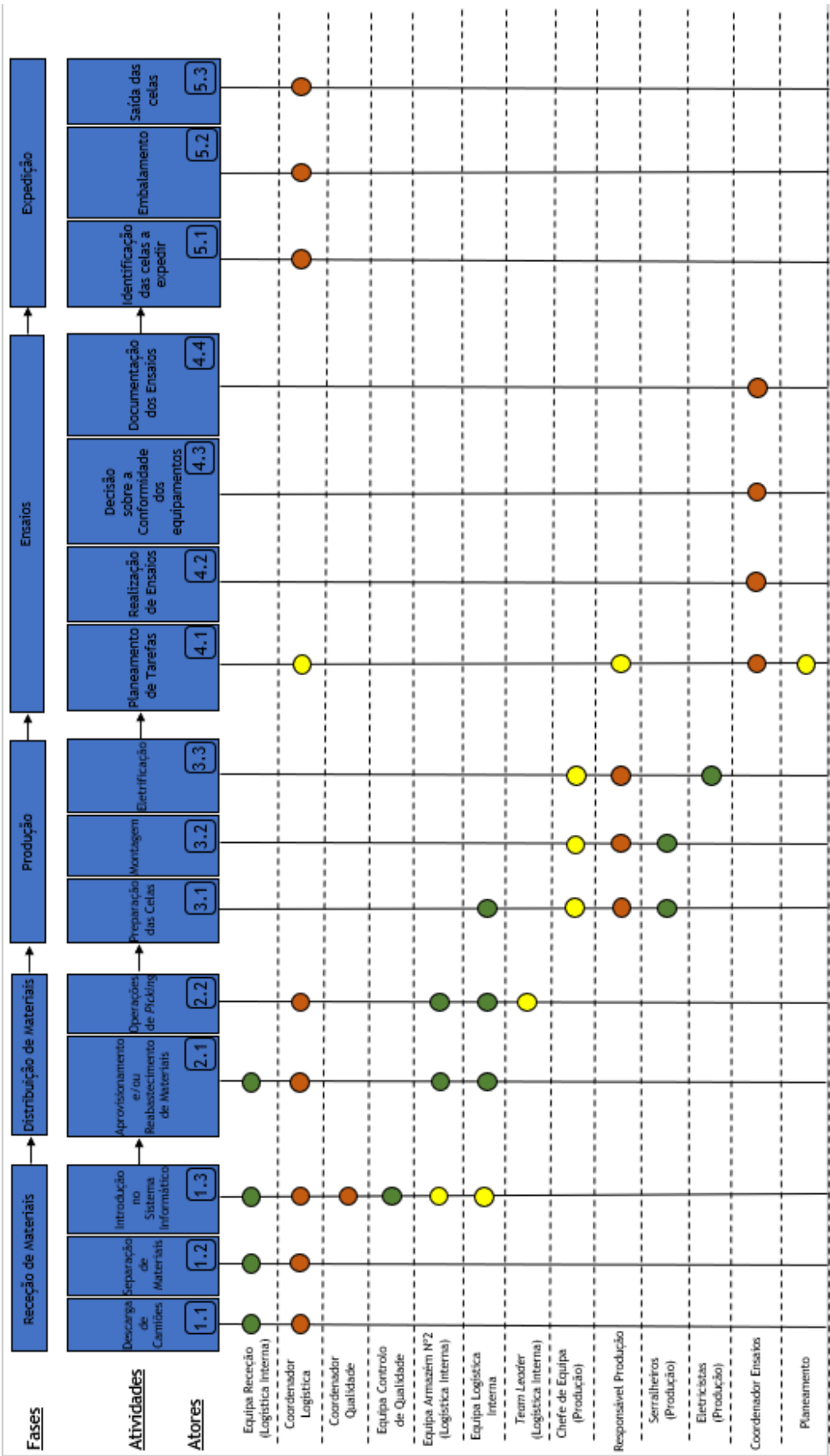


Figura E1 - Modelo global do processo Normafix

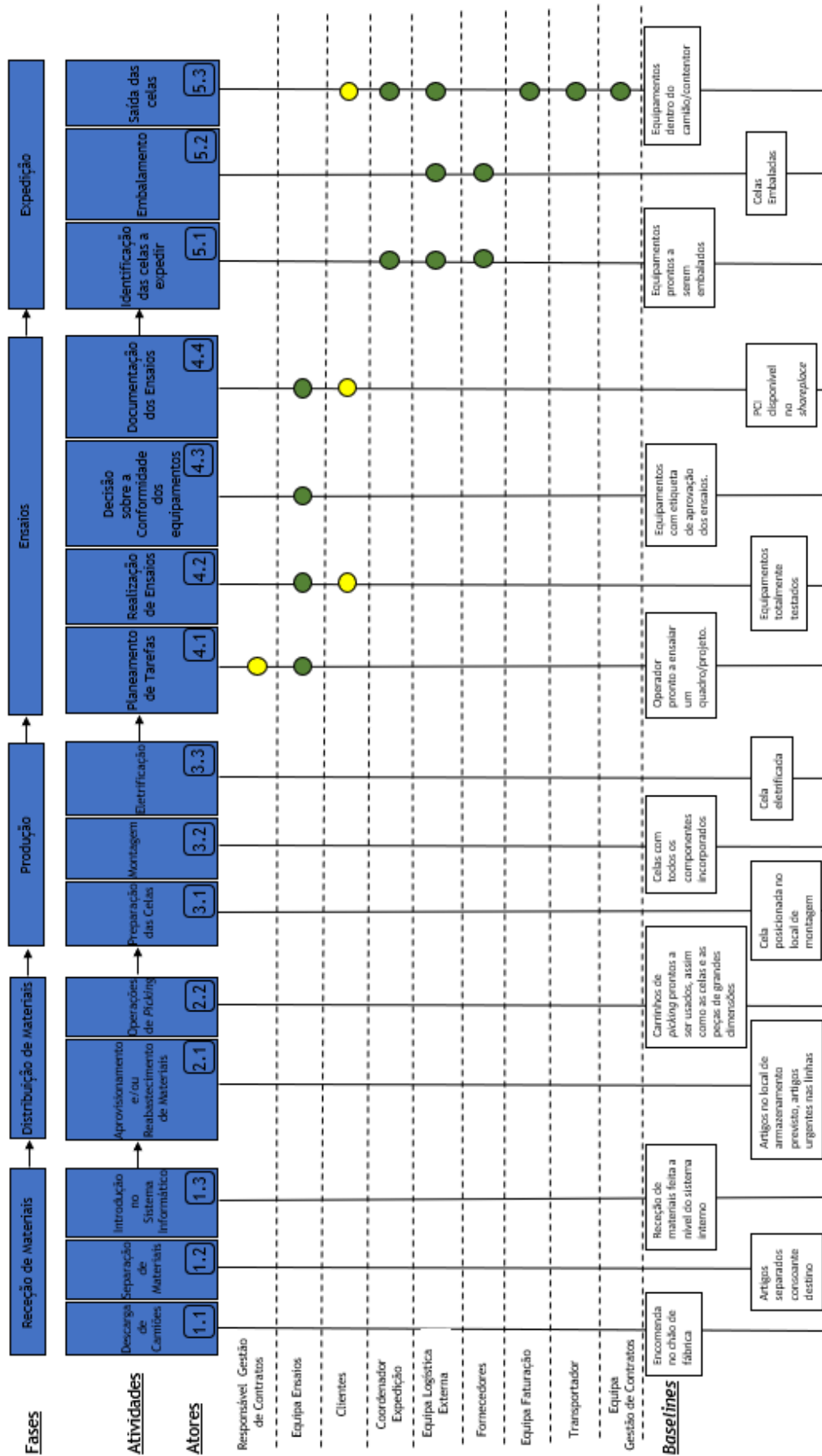


Figura E2 - Continuação do modelo global do processo Normafix

1 Receção de Materiais

1.1 Descarga de Camiões:

Quando o fornecedor chega, é o operador que se encontra na zona de receção a fazer a descarga do camião/contentor. Se o material a descarregar for de pequenas dimensões, utiliza-se um empilhador a gás, para o caso da descarga de SAKs ou estruturas metálicas, terá que ser utilizado um empilhador elétrico.

1.2 Separação dos Materiais:

Os materiais após serem descarregados são imediatamente pré separados em grupos no chão de fábrica, de forma a facilitar a sua receção:

1. SAKs/ Estruturas Metálicas (material que irá diretamente para as linhas ou para o armazém central);
2. Artigos com *check-in* (artigos que terão obrigatoriamente que passar pelo controle de qualidade);
3. Artigos para o armazém nº2;
4. Artigos não identificados;
5. Artigos para as estantes dos produtos.

1.2.3 Introdução no Sistema Informático:

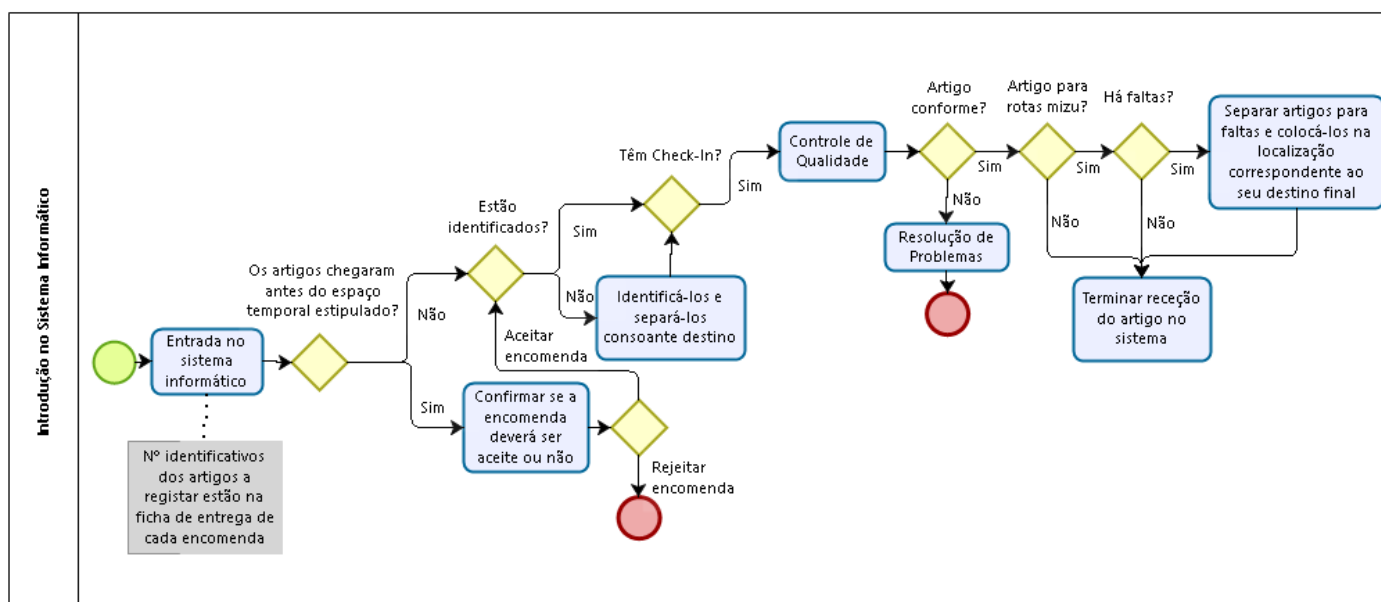


Figura E3 - Fluxograma da subfase: Introdução no Sistema Informático

2 Distribuição de Materiais

2.1 Aprovisionamento e/ou Reabastecimento de materiais

Esta etapa irá variar consoante o tipo de produto em causa, podendo ocorrer as seguintes situações:

1. Artigos de necessidade imediata – estes artigos são levados diretamente pela equipa da receção para as linhas, onde serão precisos num futuro muito próximo;

2. Artigos para o armazém central – o elemento da logística interna responsável pelo armazém central, assim que vê artigos SAKs/ estruturas metálicas acumulados/as na entrada do armazém, armazena-os na localização destinada a cada artigo. Muitas vezes, esta tarefa é iniciada por um aviso da equipa da receção à equipa da logística interna, desta necessidade de aprovisionamento;
3. Artigos para o armazém nº2 – A equipa da logística interna utiliza um porta-paletes elétrico para transportar os artigos com este destino. Esta tarefa é geralmente desencadeada por aviso prévio da equipa da receção da chegada dos artigos. Depois dos artigos serem recolhidos da zona de receção e levados para o armazém a que se destinam, a equipa da logística interna terá que reabastecer alguns tipos de *kanbans*. O *mizusumashi* no final da sua rota diária, deixa no armazém as caixas vazias, que serão reabastecidas e movimentadas em paletes até ao local onde no dia seguinte de manhã, o *mizusumashi* iniciará a sua rota.
4. Artigos para sistema Aquiles ou *kanbans* – Estes artigos são colocados em estantes com rodas que se encontram muito perto da zona de receção. Estas estantes estão organizadas por produto, isto é, os artigos que aí forem colocados, serão incorporados nos produtos de uma determinada gama (por exemplo: há uma estante para os artigos com destino à montagem de Normafix). Estes artigos serão distribuídos posteriormente pelas suas localizações destino nos armazéns de linha, sendo esta tarefa realizada pelo *mizusumashi* diariamente. Caso se acumulem muitos artigos, o *mizusumashi* avaliará a necessidade de fazer a distribuição dos mesmos mais do que uma vez no próprio dia;

2.2 Operações de *Picking*

Depois de terminada a fase de aprovisionamento e/ou de reaprovisionamento de materiais, vão surgindo ordens de reunião de material para uma determinada ordem de fabrico. Estas operações são responsabilidade da equipa da logística interna. Importa distinguir os vários tipos de *picking* que são realizados de forma a reunir todos os componentes necessários à montagem da gama de produtos Normafix, já que estes serão da responsabilidade de diferentes subequipas da equipa da logística interna:

- *Picking* do armazém central - realizado pelo colaborador responsável por este armazém;
- *Picking* do armazém nº2 - realizado pelo colaborador responsável por este armazém;
- *Picking* dos *kanbans* e Aquiles – realizado diariamente pelo colaborador responsável por este tipo de artigos;
- *Picking* para faltas – Se no momento da reunião de materiais necessários para uma ordem de fabrico se detetar que há artigos em falta, estes serão recolhidos assim que chegarem às instalações da empresa;
- *Picking* de ISFs e CBTs – caso as celas tenham na sua constituição estes componentes produzidos internamente, estes serão recolhidos da área de produção respetiva, nas instalações da empresa.

3 Produção

3.1 Preparação das Celas:

Assim que a reunião de materiais for realizada e exista espaço físico suficiente, o chefe de linha decide onde se iniciará a montagem de um novo quadro/projeto e, consoante a disponibilidade de mão-de-obra por parte dos serralheiros, atribui esse trabalho a um determinado colaborador. As celas são então posicionadas no local de montagem, sendo que

estas já vêm dos fornecedores aparafusadas a uma paleta de madeira (esta base manter-se-á durante todo o processo).

3.2 Montagem:

Caso a cela a ser montada venha apenas com a estrutura metálica feita, será ainda necessário fazer a montagem até ao nível definido como SAK. Esta montagem irá incluir a incorporação dos seguintes componentes:

- ✓ Isoladores;
- ✓ Seccionador terra e barra de terra;
- ✓ ISFs.

Caso a cela a ser montada já venha num estado avançado de montagem (SAK), apenas será necessário executar a montagem final do produto, isto é, fazer a incorporação dos elementos que irão personalizar o equipamento à medida de cada cliente.

A montagem final poderá incluir a montagem dos seguintes componentes:

- ✓ Disjuntor;
- ✓ TTs;
- ✓ TIs;
- ✓ CBT;
- ✓ Motorização;
- ✓ Resistência;
- ✓ Termostato e outros.

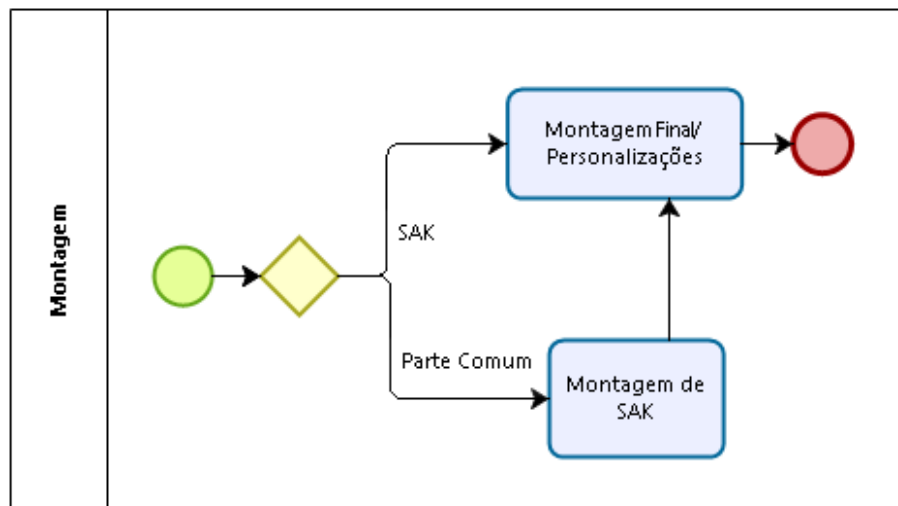


Figura E4 - Fluxograma da subfase: Montagem

3.3 Eletrificação:

Caso a cela a ser montada venha apenas com a parte de chaparia feita, será ainda necessário fazer a eletrificação até ao nível definido como SAK.

Caso a cela a ser eletrificada venha em SAK, apenas será necessário executar a eletrificação final do produto, isto é, fazer a eletrificação dos elementos que irão personalizar o equipamento à medida de cada cliente. A eletrificação final/personalizada, poderá incluir a eletrificação dos componentes referidos anteriormente para a montagem personalizada.

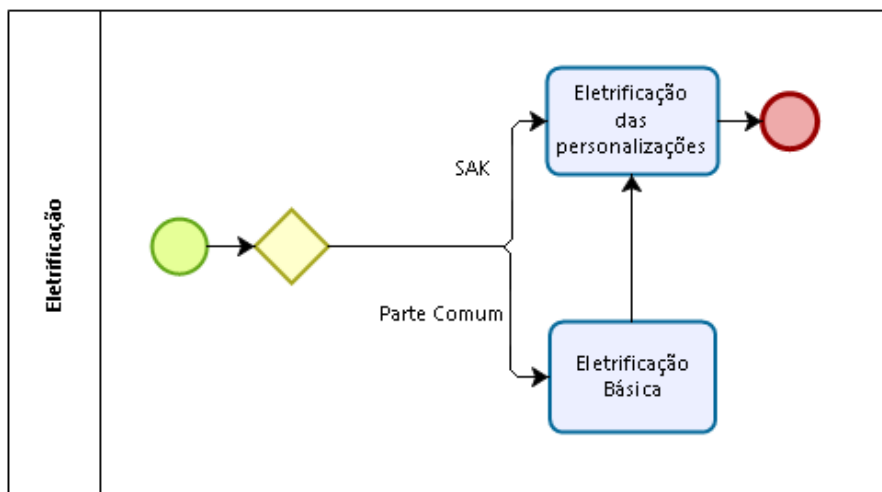


Figura E5 - Fluxograma da subfase: Eletrificação

4 Ensaaios

4.1 Planeamento de Tarefas

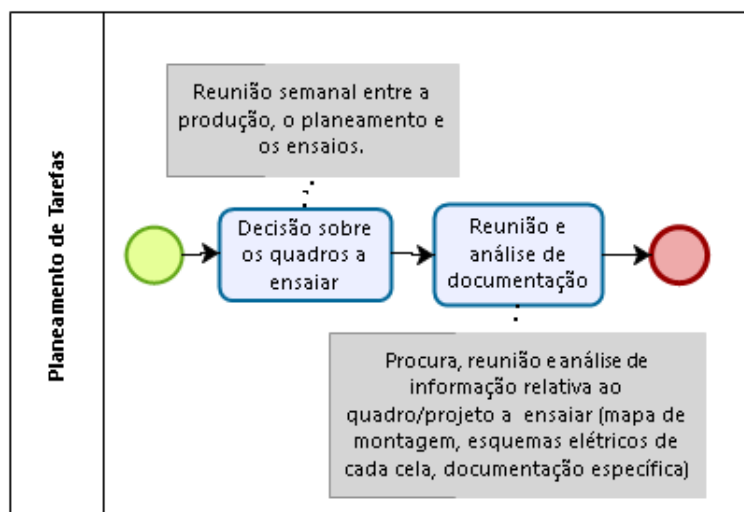


Figura E6 - Fluxograma de subfase: Planeamento de Tarefas

4.2 Realização dos Ensaios

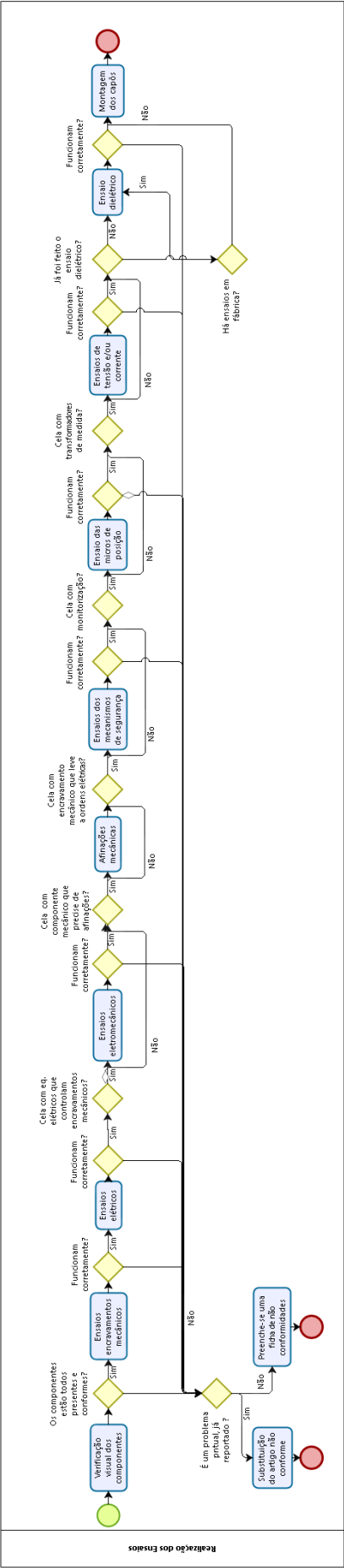


Figura E7 - Fluxograma da subfase: Realização dos Ensaios

4.3 Decisão sobre a Conformidade dos Equipamentos:

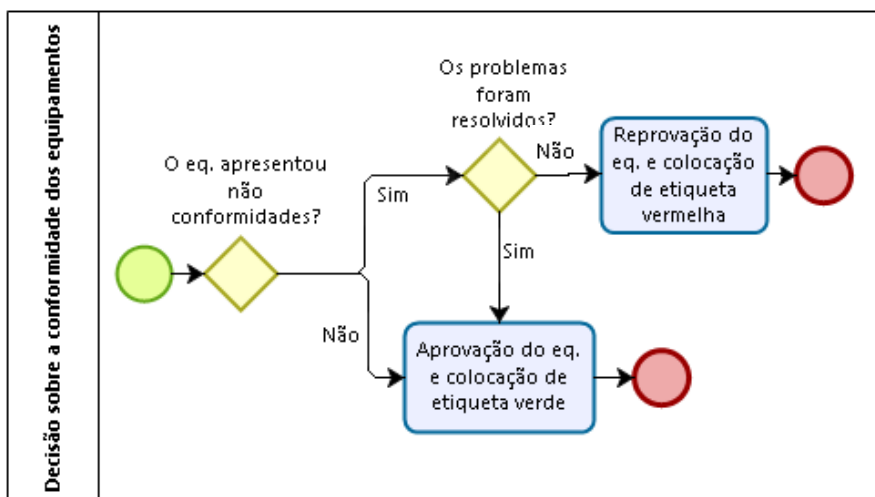


Figura E8- Fluxograma da subfase: Decisão sobre a Conformidade dos Equipamentos

4.4 Documentação dos Ensaios:

Após a decisão sobre a conformidade dos equipamentos ser tomada, é necessário realizar um relatório de ensaios no sistema informático. Neste relatório encontram-se explícitos os tipos de ensaios realizados, sendo o documento assinado tanto pelo operador que ensaiou o quadro/projeto em causa, como o responsável dos ensaios.

O relatório é enviado para o cliente e o plano conjunto de implantação deverá ser disponibilizado no sistema informático de partilha de documentos.

5 Expedição

5.1 Identificação das Celas a Expedir:

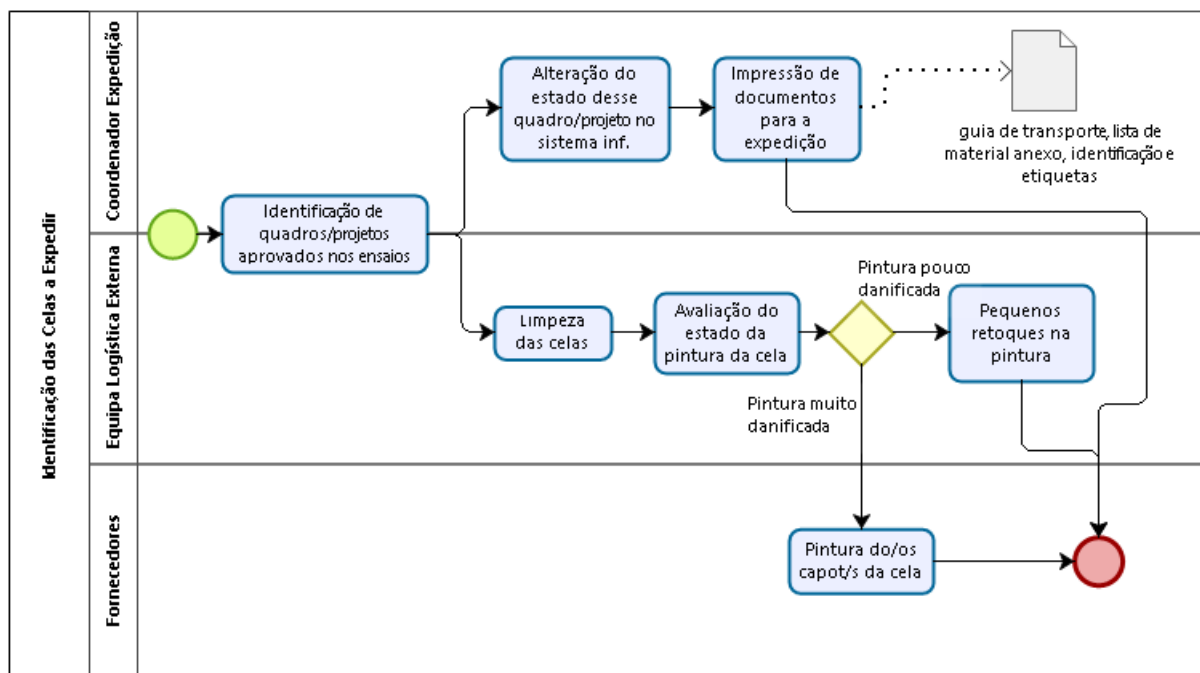
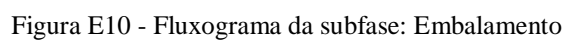


Figura E9 - Fluxograma da subfase: Identificação das Celas a Expedir

68



5.3 Saída das Celas:

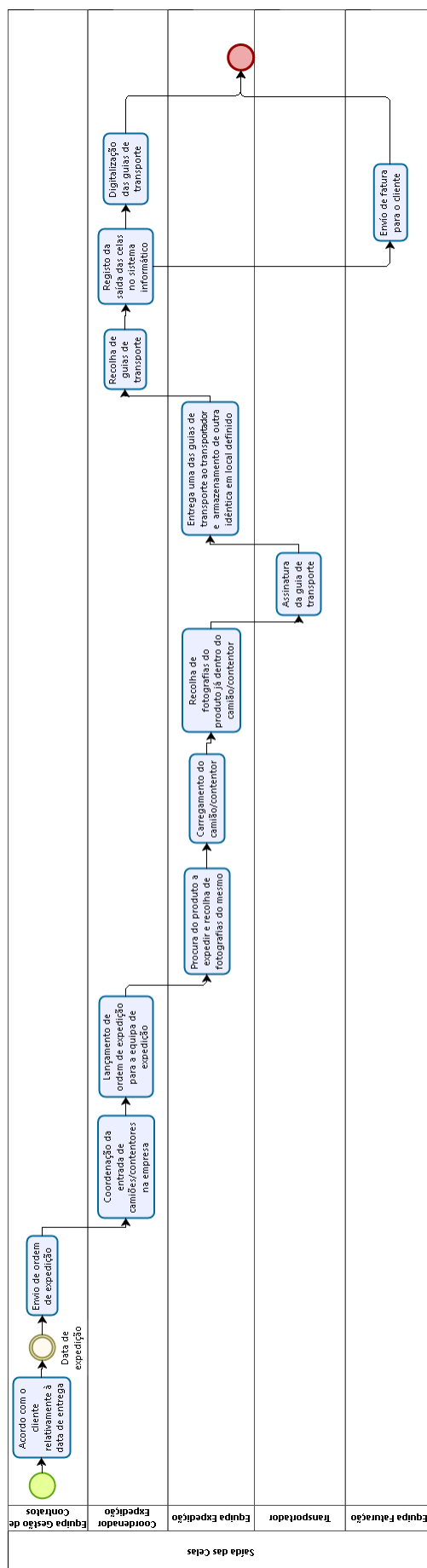


Figura E11 - Fluxograma da subfase: Saída das Celas

ANEXO F: Estudo de Tempos

Produção (Montagem, Eletrificação e Manobragem)

Tabela F1 - Estudo de tempos da produção

Grupo	Componente	Descrição Componente	TOTAL(min)
1	32210746-03	MOTOR IS (48V _{cc}) EDP -NF24(2G)	55
1	32809079-01	CONJ. ACESS. FIXAÇÃO MOTORIZA.	2
1	35309005-02	KIT MOTOR C/FRE 48V _{cc} -CI1/CI2	73,06
1	9443311	Conector Weidmuller BLZF5.08/2	
1	32809002-01	CHAPA FIXAÇÃO CX MOTOR MONT	2,74
1	32809196-01 32208603-01	CABLAGEM INTERLIG.MOT/RES	1,83
1	32210746-01	MOTOR. IS (48 V _{cc}) T1 – NF24 (2G)	55
2	322130129-03	Mont. resistencia EDENOR 50W	17
2	322130129-02	RESISTÊNCIA MONTADA - 220V AC	17
2	32809102-02	RESISTÊNCIA MONTADA - 220V AC	17
2	32808078-01	TERMOSTATO MONTADO	3,29
2	32211882-01	COMPONENTES BT REST./TERMOS.	-
2	9060910	BASE ADESIVA P/ ABRAC 20X20X5	-
2	32208616-01 32809194-01	CABLAGEM INTERLIGAÇÃO RESIST.	-
2	9032244	REBITE CEGO 4x8 DIN7337	-
2	322170054-01	TERMOSTATO DUPLO MONTADO	3,29
2	322140302-01	CHAPA OBTURADORA PLANA	4
3	37408017-01 37408016-01	PLACA DE FUNÇÃO CIS PLACA DE FUNÇÃO IS	0,8
3	322180012-01 322180013-01 322131138-01	ETIQUETA DA PORTA (PT) ETIQUETA DA PORTA (ES) ETIQUETA DA PORTA (FR)	0,8
3	399150964-01 399150971-01 399150965-01	PLACA CARACTERISTICAS IS TIPO PLACA CARACTERISTICAS IS TIPO PLACA CARACTERISTICAS CIS TIPO	0,8
3	322160182-01 322160183-01	ETIQUETA CELA CIS (FR) ETIQUETA CELA IS (FR)	0,8
4	322130060-01	EQ POSTO1 - IS375 (EMB)-DEBBAS	5
4	32210581-02	EQ. POSTO 2-CIS375 (EMB)17,5kV	5
4	32210583-02	EQ. POSTO2 -IS375 (EMB) 17,5kV	5
4	37309006-01	CAPOT MONTADO IS 375 / 750	2
4	EMT495111-03	ACESSORIOS JOGO BARRAS	5
4	EMT495110-01	NORMAFIX - LIGACAO L=375	1
5	MAN. INST.NFX24 (ESP)	MANUAL INSTRUÇÕES Nfix24 (ESP)	0
5	REL. ENSAIOS EQUIP.	RELATÓRIOS DE ENSAIO EQUIPAM.	10
5	ESQUEMA ELÉCTRICO	ESQUEMA ELÉCTRICO	0,5
5	322150359	ESQ ELÉCTRICO - ISm - EDENOR	0,5
6	331150850-01	TRANÇA DA PORTA MONTADA	5
6	9032460-01	REBITE CEGO AR 6.4X14.1 CF	-
6	32216132-01	CALÇO DIAM. D30XD12.5	3
6	322150362-03	Cablagem CIS - B EDENOR	60
6	322150362-01	Cablagens ISm - Am EDENOR	5
6	32210841-01	CABLAGEM FUSÃO FUSIVEL - CIS	4,57
6	322160311-01	Conj. Acess. 24kV EDP INOX	0
6	322150362-02	Cablagens IS - A EDENOR	40
6	322140148-01	PAINEL FRONTAL EQUIPADO	5

Tabela F2 - Estudo de tempos da produção (continuação)

Grupo	Componente	Descrição Componente	TOTAL(min)
7	33103067-03	PCI MONTADA - NORMAFIX 24	5
7	33103067-09	PCI MONTADA - NFIX24 16000pF	-
7	GOP - SUBSTITUIÇÃO PCI'S	GOP - Substituição das PCI's	-
8	180202011	FITA TESA 33MX50MM - VERDE	0,5
8	180202012	FITA TESA 33MX50MM - Vermelha	0,5
8	180202013	FITA TESA 33MX50MM - Amarela	0,5
8	180202021	FITA TESA 33MX50MM - AZUL	0,5
9	328160040-01 32807092-01	MONTAGEM PAINEL EXTREMIDADE	5
9	32210129-02	FIXACAO AO SOLO - EXTREMA	5
9	32210129-01	FIXACAO AO SOLO - INTERMEDIA	5
9	32209298-01	PAINEL DE EXTREMIDADE MONTADO	5
9	33107140-01	ALAVANCA DE MANOBRA SF/ISF	2,74
9	322150505-01	UNIÃO CELAS - PF MONTADO - NFX	0,09
9	32809520-01	ESPELHO DA CAIXA MOTORIZAÇÃO	2
9	322150323-01	CAIXA MOTORIZAÇÃO EDENOR	2
10	35307042-01	KIT FECHADURA - ST FECHADO	8,22
10	39908109-03	ABA90DEL6000 + ELP1 + 1CH	8
10	130313281	DETETOR DEFEITO CRIX – 22 CAHORS	3
10	322160152-01	MONTAGEM DO DETETOR	2
10	130504532	Cabo U-1000-R2V 4x1,5mm2	7
11	353120013-03	KIT DE 4 MICROS MONTADOS	9,14
11	353120003-03	MICRO-CONTACTOS MONTADOS (S13)	2,74
11	35316164-01	KIT 11 MICROS SINALIZACAO MONT	3
11	328160132-01	CAIXA MOTORIZAÇÃO (48VCC) - SK	53
11	H3204BD015	RELE ELEC 48 VCC 10A 11 PINOS	5
11	9423141	RELE ELECTM 48VCC 5A	-
11	943A0002	Etiqueta-Weidmuller SM 27_18MC	-
11	35308109-01	KIT MICROS FUSÃO FUSÍVEL (CI2)	13,7
12	9041392	ANILHA CFA 10 ZN25 DIN7980	0,5
12	9001073	PFCH M10X30-8.8 ZN20EC ISO4762	
12	328160057-01	SUPORTE MONTADO	2
12	328160060-01	SUPORTE DETETOR	17,9
12	130313281	Detetor Defeito CRIX-22 CAHORS	0,5
12	322160152-01	MONTAGEM DO DETECTOR	0,5

Nota: Nos casos dos artigos em que no tempo total se encontra um “-”, tal significa que esse componente se monta em conjunto com outro/os componentes e que a gama operatória foi atribuída a esse/ a um desses componentes. Existem também artigos em que se considerou a sua gama operatória igual 0 min, pois este tempo já se encontra contabilizado nos tempos da expedição.

Na Tabela F3, encontram-se quantificados os tempos dedicados à produção para cada um dos artigos tipo “A”.

Tabela F3 - Tempo de produção para os artigos tipo "A"

Referência Artigos Tipo "A"	Tempo de Produção (min)
322130050-01	28,09
322140290-01	127,58
322120493-01	139,57
32211057-02	66,60
322120492-01	108,28
32209474-01	46,09
32210743-01	98,72
32210743-02	86,89
32210744-01	48,11
32808280-01	44,41
328150069-01	195,46
328150069-02	163,56

Ensaaios

Tabela F4 - Estudo de tempos dos ensaios

Nº Tarefa	Tarefa	TOTAL (min)
1	Medir pressão SF ₆	1
2	Ensaaios mecânicos	3
3	Ensaaios elétricos	40
4	Ensaaios eletromecânicos (bobines)	10
5	Afinações mecânicas	10
6	Mecanismos de segurança	3,7
7	Testar micros de posição	10
8	Ensaaios de tensão e corrente	90
9	Ensaaios de tensão e corrente + ensaio dielétrico	120
10	Imprimir documentação para um projeto – Ir ao <i>shareplace</i> e imprimir/consultar PCI, esquemas elétricos próprios do projeto e mapa de montagem	3
11	Inspeção visual	1
12	Montar <i>capots</i>	2,9
13	Imprimir relatório de ensaios e colocação de etiqueta	2,3
14	Gravar Chaves	10
15	Anotação dos Números de Série das Fechaduras	2,3

Nota: Os tempos determinados para os ensaios foram os do pior cenário possível, isto é, quanto é que no total a cela mais complexa demora em cada tipo de ensaio.

Desta forma, torna-se interessante identificar o tipo de ensaios realizados em cada um dos artigos tipo "A", assim como quantificar o tempo total dedicado aos ensaios (Tabela F5).

Tabela F5 - Ensaaios realizados nos artigos tipo "A" e tempos máximos correspondentes

Referência Artigos Tipo "A"	Tipo de Tarefas Desempenhadas	Tempo Máximo Necessário (min)
322130050-01	1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 13	66,9
322140290-01	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13	86,9
322120493-01	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13	76,9
32211057-02	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13	76,9
322120492-01	1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 13	66,9
32209474-01	1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15	89,2
32210743-01	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13	76,9
32210743-02	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13	76,9
32210744-01	1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15	79,2
32808280-01	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15	99,2
328150069-01	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13	86,9
328150069-02	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13	86,9

Expedição

Tabela F6 - Estudo de tempos da expedição

Tarefa	TOTAL (min)
Montar painel extremidade	0,9
Colar etiqueta de perigo	0,6
Aperto automático	0,7
Montar caixa de material anexo	0,9
Verificação componentes	4,25
Colocar etiquetas no material anexo	2,3
Colocar etiqueta verde de controle da expedição	1
Plastificar LMA	1,4
Fotografar LMA	0,93
Fechar caixa de material anexo e colocá-la na cela, fotografar caixa dentro da cela e fechar porta	1,53
Colocar folha de aviso na cela	0,43
Prender chave	1,75
Retoques na pintura	20
Montagem base	1,83
Mover cela com ponte para cima da base (1 cela)	3,12
Mover cela com ponte para cima da base (2 celas)	4,9
Mover cela com ponte para cima da base (3 celas)	7,9
Colocar plástico na base	1,35
Colocar saco plástico na cela	1,79
Soldar plástico	4,3
Cintar	2,1
Montar estrutura de madeira <i>standard</i>	4,82
Montar estrutura de madeira reforçada	7
Pintar Símbolos	2,7
Colocar filme plástico (1 cela)	2,2

ANEXO G: Balanceamento das Linhas

Balanceamento das Bancas de Trabalho

Banca 1 – Termostatos, Resistências e Medição de Pressão do SF₆ <ul style="list-style-type: none"> 2 postos com 2 operadores móveis (há 2 operadores, mas estes movem-se com o produto ao longo dos 2 postos da banca): Posto 1 e Posto 2 Tempo disponível = $13 \times 2 = 26 \text{ min}$ Tempo máx. necessário = 24,29 min Medição de Pressão do SF₆ = 1 min Tempo Livre = $26 - 24,29 - 1 = 0,71 \text{ min}$ 	Banca 2 – Fechaduras e Inspeção Visual <ul style="list-style-type: none"> 2 postos com 2 operadores móveis: Posto 3 e Posto 4 Tempo disponível = $13 \times 2 = 26 \text{ min}$ Tempo máx. necessário = 23,22 min Inspeção Visual = 1 min Tempo Livre = $26 - 24,22 = 1,78 \text{ min}$ <p>NOTA: O tempo livre existente deverá ser utilizado para uma inspeção visual ainda mais cuidadosa.</p>	Banca 3 – Motorizações, Gravação de Chaves e Anotação de Números de Série <ul style="list-style-type: none"> 2 postos com 2 operadores móveis: Posto 5 e Posto 6 Tempo disponível = $13 \times 2 = 26 \text{ min}$ Tempo máx. necessário = 26 min Tempo Livre = $26 - 26 = 0 \text{ min}$ 	Banca 4 – Placa de Função, Etiquetas, Cablagens e Outros e Ensaios Mecânicos <ul style="list-style-type: none"> 2 postos com 2 operadores móveis: Posto 7 e Posto 8 Tempo disponível = $13 \times 2 = 26 \text{ min}$ Tempo máx. necessário = 22,8 min Ensaios Mecânicos = 3 min Tempo Livre = $26 - 22,8 - 3 = 0,2 \text{ min}$
Banca 5 – Ensaios Elétricos e Eletromecânicos <ul style="list-style-type: none"> 4 postos com 4 operadores móveis: Posto 9, Posto 10, Posto 11 e Posto 12 Tempo disponível = $13 \times 4 = 52 \text{ min}$ Tempo máx. necessário = 50 min Tempo Livre = $52 - 50 = 2 \text{ min}$ 	Banca 6 – Ajustagens Mecânicas e Testar Mecanismos de Segurança e Micros de Posição <ul style="list-style-type: none"> 2 postos com 2 operadores móveis: Posto 13 e Posto 14 Tempo disponível = $13 \times 2 = 26 \text{ min}$ Tempo máx. necessário = 23,7 min Imprimir e Assinar Relatório de Ensaios = 2,3 min Tempo Livre = $26 - 23,7 - 2,3 = 0 \text{ min}$ 	Banca 7 – Material Anexo <ul style="list-style-type: none"> 1 posto com 1 operador: Posto 15 Tempo disponível = $13 \times 1 = 13 \text{ min}$ Montar Paineis Extremidade = 3,7 min Colocar Etiquetas de Perigo = 0,6 min Montar Caixa de Cartão = 0,9 min Imprimir LMA e Etiquetas = 2 min Plastificar LMA = 0,5 min Identificar Material Anexo, Verificação do mesmo e Fotografar Material = 5 min Tempo máx. necessário = 12,7 min Tempo Livre = $13 - 12,7 = 0,3 \text{ min}$ 	Banca 8 – Fechar Cella e Retoques <ul style="list-style-type: none"> 2 postos com 2 operadores móveis: Posto 16 e Posto 17 Tempo disponível = $13 \times 2 = 26 \text{ min}$ Fechar Caixa de Material Anexo, Colocar a Dentro da Cella e Fotografar a = 1 min Colocar Folha de Aviso = 0,3 min Retoques Pintura = 20 min Tempo máx. necessário = 21,3 min Tempo Livre = $26 - 21,3 = 4,7 \text{ min}$ <p>NOTA: O tempo livre existente deverá ser utilizado para secar a tinta dos retoques.</p>

Figura G1 - Quadro resumo do balanceamento das bancas de trabalho que constituem as diferentes linhas

Gráficos Yamazumi

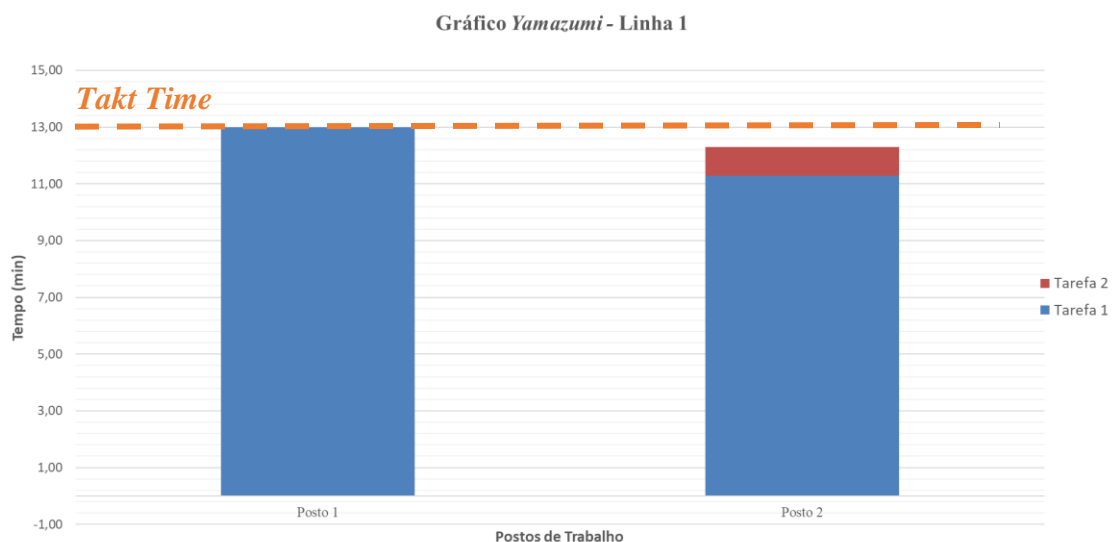


Figura G2 - Gráfico Yamazumi para a linha 1

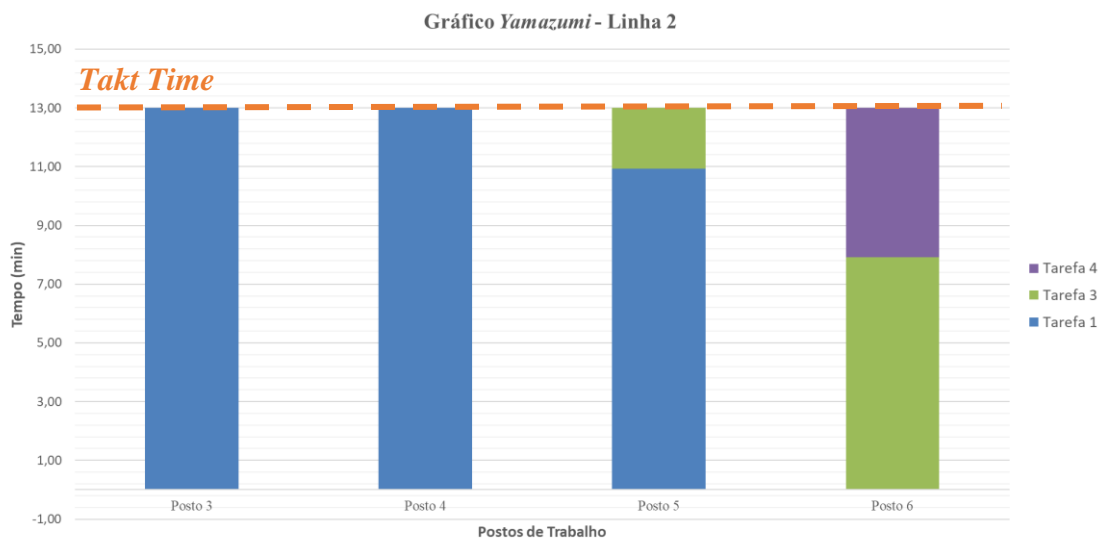


Figura G3 - Gráfico *Yamazumi* para a Linha 2

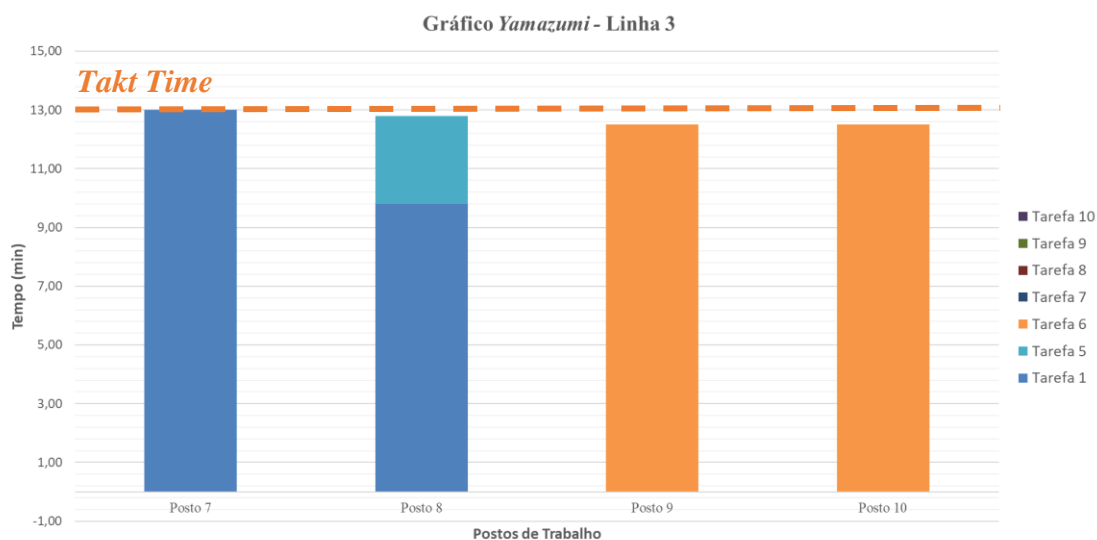


Figura G4 - Gráfico *Yamazumi* para a Linha 3

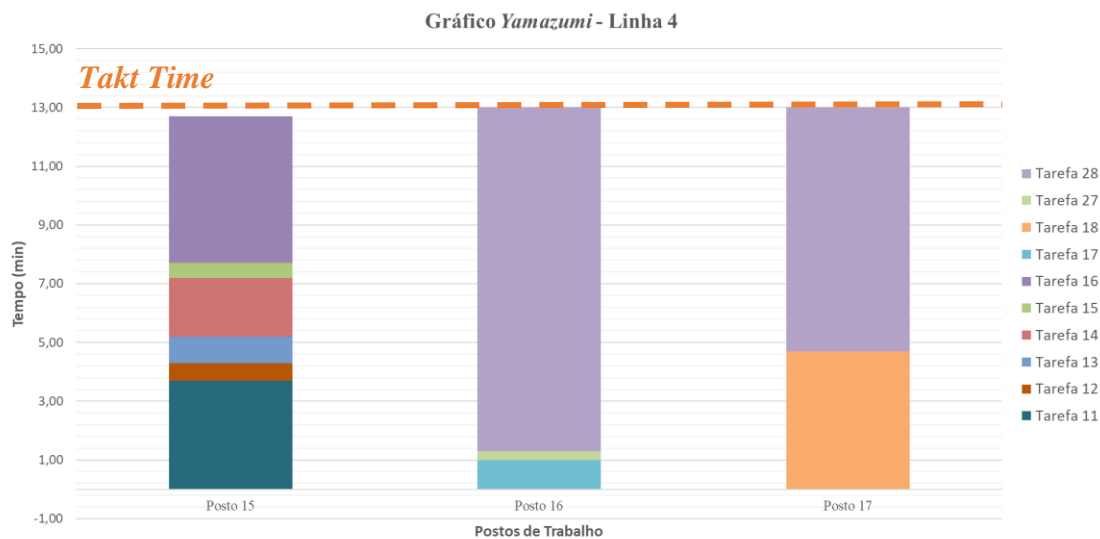


Figura G5 - Gráfico *Yamazumi* para a Linha 4

Dados Gráficos *Yamazumi*

[illegible]

Figura G6 - Dados utilizados no desenho dos gráficos *Yamazumi*

ANEXO H: Meios de Movimentação/Elevação

Comparação entre os Diferentes Meios de Movimentação

Tabela H1 - Quadro resumo das vantagens e desvantagens dos diferentes meios de movimentação

Meio de Movimentação	Vantagens	Desvantagens
Pontes Rolantes	1.Baixo perigo em movimentar uma cela isolada; 2.Apenas seriam necessários 2 meios de movimentação para o produto: porta-paletes para levar e retirar as celas da linha e pontes móveis; 3.Baixo esforço físico dos trabalhadores na movimentação das celas.	1.Necessária uma enorme infraestrutura (muito pesada, com muita manutenção) e muitas pontes (igual ao número de postos de trabalho); 2.Enorme investimento; 3.Flexibilidade muito reduzida; 4.Mecanismo lento e de movimentação delicada dadas as características do Normafix.
Transportadores de Rolos	1.Baixíssimo esforço físico dos trabalhadores para mover as celas; 2.Necessidade de uma plataforma elevatória para os trabalhadores.	1.Maior investimento económico; 2.Flexibilidade reduzida; 3.Dificuldade em rodar a cela (esta tem que estar sempre com a frente virada para o trabalhador).
Patins de Carga	1.Maior flexibilidade para mudanças e adaptações futuras; 2.Maior facilidade na rotação das celas.	1.Maior esforço físico por parte dos colaboradores para movimentar as celas (especialmente o Normafix 36); 2.Celas IS e CIS do Normafix 24 podem ser instáveis se transportadas uma a uma (efeito dominó).
AGVs (Automated Guided Vehicles)	1.Solução ergonómica; 2.Solução automática/programável; 3.Altamente flexível e adaptável a novos produtos, a novas sistemas de montagem e até mesmo a outras funções; 4.Redução do trabalho da logística interna; 5.Altamente seguro: sem risco de colisão e adapta-se ao ambiente interior no qual se encontra; 6.Redução significativa da manipulação do produto; 7.Altíssima exatidão nos seus movimentos; 8.Flexibilidade total no <i>design</i> do <i>layout</i> da linha, já que os equipamentos rodam sobre o próprio eixo. 9.Sistema modular que pode ser aumentado ou diminuído em qualquer momento; 10.Em alguns casos, os equipamentos podem ainda ajustar a sua altura consoante as necessidades.	1.Celas IS e CIS do Normafix 24 podem ser instáveis se transportadas uma a uma (efeito dominó); 2.Maior investimento na compra do equipamento, na sua manutenção e na sua programação.

Características Técnicas de AGVs (*Automated Guided Vehicle*) - Exemplos

- **Nipper – Porta-paletes inteligente**

É um AGV compacto para transporte interno de paletes, não sendo necessário nenhum colaborador para o manipular ou comandar. Para além de ser uma opção segura, permite uma enorme redução da manipulação necessária do produto e, consequentemente, da mão de obra relacionada com o transporte das celas. Esta menor necessidade de manipulação das celas irá também ter um impacto muito positivo na segurança no trabalho nas instalações da Efacec AMT.

Por outro lado, também não implica uma infraestrutura de apoio, nem um investimento na mesma, permitindo assim uma enorme flexibilidade e facilidade de mudança e adaptação às mudanças no mercado. A exatidão dos movimentos deste equipamento é de +/- 1 cm, sendo que pode ser aumentada para +/- 1 mm com a instalação de simples refletores.

Depois da instalação do produto e da formação recebida a seu respeito, o porta-paletes é facilmente programável, permitindo a customização de rotas, a adição de mais unidades consoante a necessidade, e uma simples mudança dos comandos com um *software* inteligente. O *software* referido comunica via *wifi* com os porta-paletes.

Quanto ao sistema de gestão de bateria, este permite um tempo de carregamento de apenas 10 minutos para que o equipamento possa trabalhar a tempo inteiro durante 8 horas. O equipamento circula a uma velocidade de 2 km/h (ou 4 km/h caso seja pretendido) e a elevação é feita hidraulicamente (Dino Stretch Hood).

A escolha deste meio de movimentação, implica que os corredores da empresa terão que estar sempre desimpedidos.

Tabela H2 - Especificações técnicas – *Nipper* (Dino Stretch Hood)

Especificações Técnicas <i>Nipper</i>	
Peso:	120 kg
Capacidade de Carga:	1000 kg
Segurança:	“Laser scanner” com zonas de segurança integradas
Navegação:	Livremente programável baseado em estruturas e contornos do ambiente de trabalho
Velocidade de Circulação:	Opção <i>standard</i> - 2 km/h (opcional 4 km/h)
Gestão:	Sistema de gestão de bateria “on board”
Estação de Carregamento:	Operação de carregamento totalmente automática
Tempo de Carregamento:	10 min
Voltagem Bateria:	24 V
Química:	LiFePO ₄
Capacidade da Bateria:	50 Ah
Ângulo de Rotação:	Gira sobre o próprio eixo
Certificação:	CE marking

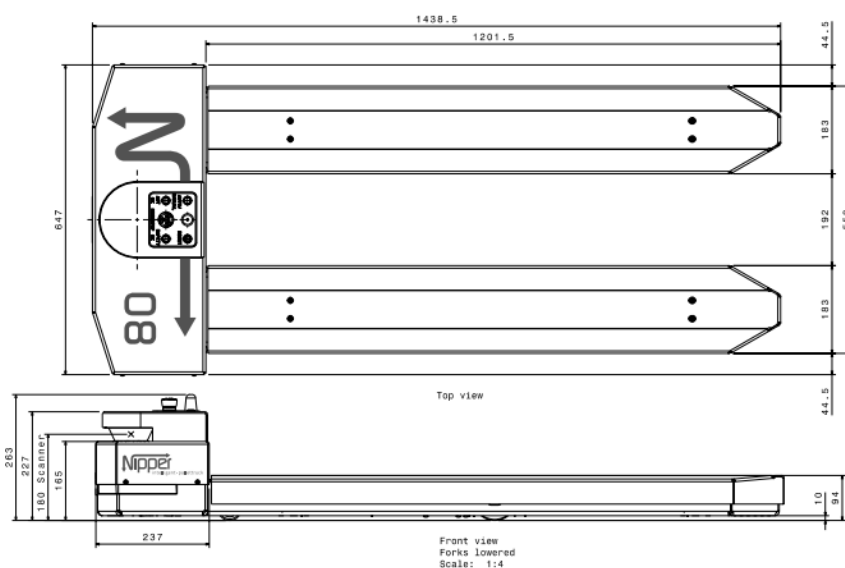


Figura H1 - Dimensões porta-paletes inteligente – *Nipper* (Dino Stretch Hood)

- **KMP 1500 – Plataforma Móvel Omnidireccional**

O KMP 1500 é uma plataforma móvel omnidireccional, controlada pela última versão do controlador *Sunrise*. Este é um sistema escalável e modular, que combina as tecnologias da robótica com as do controlo *Sunrise*, fornecendo uma solução de mobilidade para uma variadíssima gama de cenários. Este equipamento permite uma flexibilidade total e uma manobrabilidade sem restrições, já que as suas rodas omnidireccionais possibilitam movimentos em qualquer direção.

O sistema permite que as plataformas móveis realizem movimentos totalmente autónomos, sem risco de colisão, e sem necessidade de marcas artificiais no meio envolvente. O *software* utilizado adquire informação através de um *laser* de segurança e de sensores nas rodas do equipamento e utiliza-os para criar um mapa correspondente do meio envolvente. Assim, a plataforma é capaz de se localizar a si própria com o uso deste mapa, adaptando-se e respondendo constantemente a mudanças no espaço de trabalho. Para além disso, o uso de rotas virtuais permite que o equipamento se mova apenas por rotas definidas, rotas estas que podem ser alteradas a qualquer momento.

Os diversos tipos de funções que podem ser desempenhadas por estes equipamentos, possibilitam inúmeras opções para novos conceitos produtivos, assim como uma melhorada gestão do custo-eficiência das operações logísticas.

Finalmente, o KMP 1500 é um equipamento que se movimenta em segurança, mesmo em espaços confinados, com uma exatidão de posicionamento de até +/- 5 mm e uma capacidade de carga até 1500 kg. Este produto tem a acrescida vantagem de auxiliar o operador a nível ergonómico durante as suas tarefas de montagem, ao adaptar a altura de trabalho às necessidades de cada momento (KUKA).

Tabela H3 - Especificações técnicas – KMP 1500 (KUKA)

KMP 1500		KMP 1500 norms	
Length with scanners	2,000 mm	EN ISO 12100	Safety of machinery
Width with scanners	800 mm	EN ISO 13849-1	Safety of machinery
Height	470 mm	EN ISO 13849-2	Safety of machinery
Min. / max. weight	711 kg / 935 kg	EN 60204-1	Safety of machinery
Max. payload	1,500 kg	EN 1175-1	Safety of industrial trucks
Max. velocity straight ahead	1 m/s	EN 1525	Safety of industrial trucks
Max. velocity diagonally and sideways	0.56 m/s	EN 1526	Safety of industrial trucks
Wheel diameter	310 mm	EN ISO 3691-4	Safety of industrial trucks
Battery capacity	52 Ah / 96 V (Minimum 4 hours)	EN 1570-1	Safety of lifting tables
Charging time	1 hour		
KUKA Mobile Platform – additional options		Customer interfaces	
Lifting system		X96V System voltage	100.8 VDC / 20 A
Max. lift table height		X24V Controller voltage	24 VDC / 5 A
Max. lift table velocity		X24V Actuator voltage	24 VDC / 5 A
Weight of lifting system		XPN Network connection	PROFINET
		XEC Network connection	EtherCAT
Battery system Extender		KUKA interfaces	
Battery capacity	104 Ah / 96 V (Minimum 8 hours)	X19	smartPAD interface
Charging time	2 hours	XBR	Connector for brake release device
Weight of extender	80 kg	KLI	Network connection
Radio control unit			
Floor contact plate			
Brake release device			

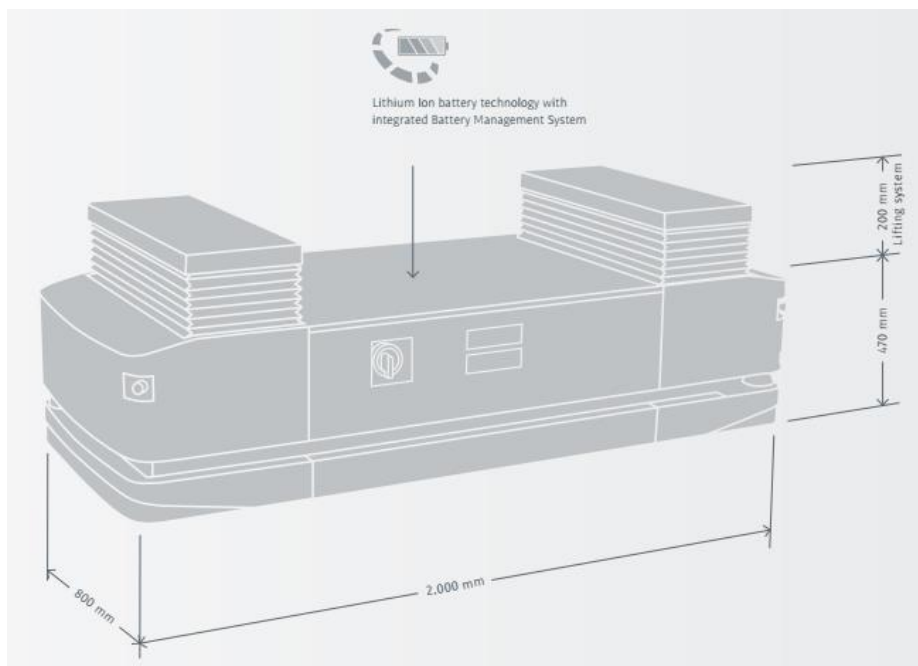


Figura H2 - Dimensões plataforma móvel omnidirecional - KMP 1500 (KUKA)

ANEXO I: Hipóteses de *Layouts* Possíveis

Todas as dimensões apresentadas, encontram-se em metros [m].

Layout 1

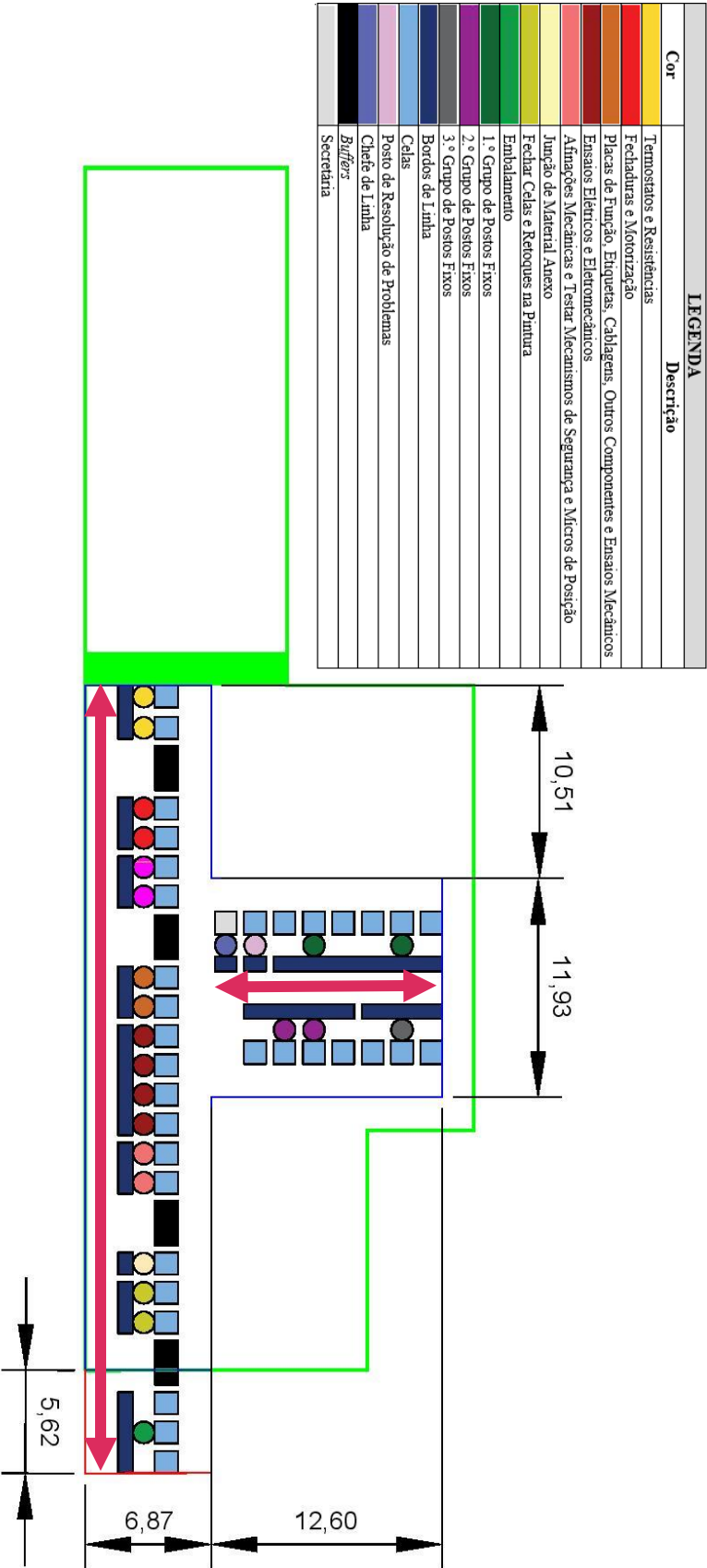


Figura II - *Layout 1*

Layout 2

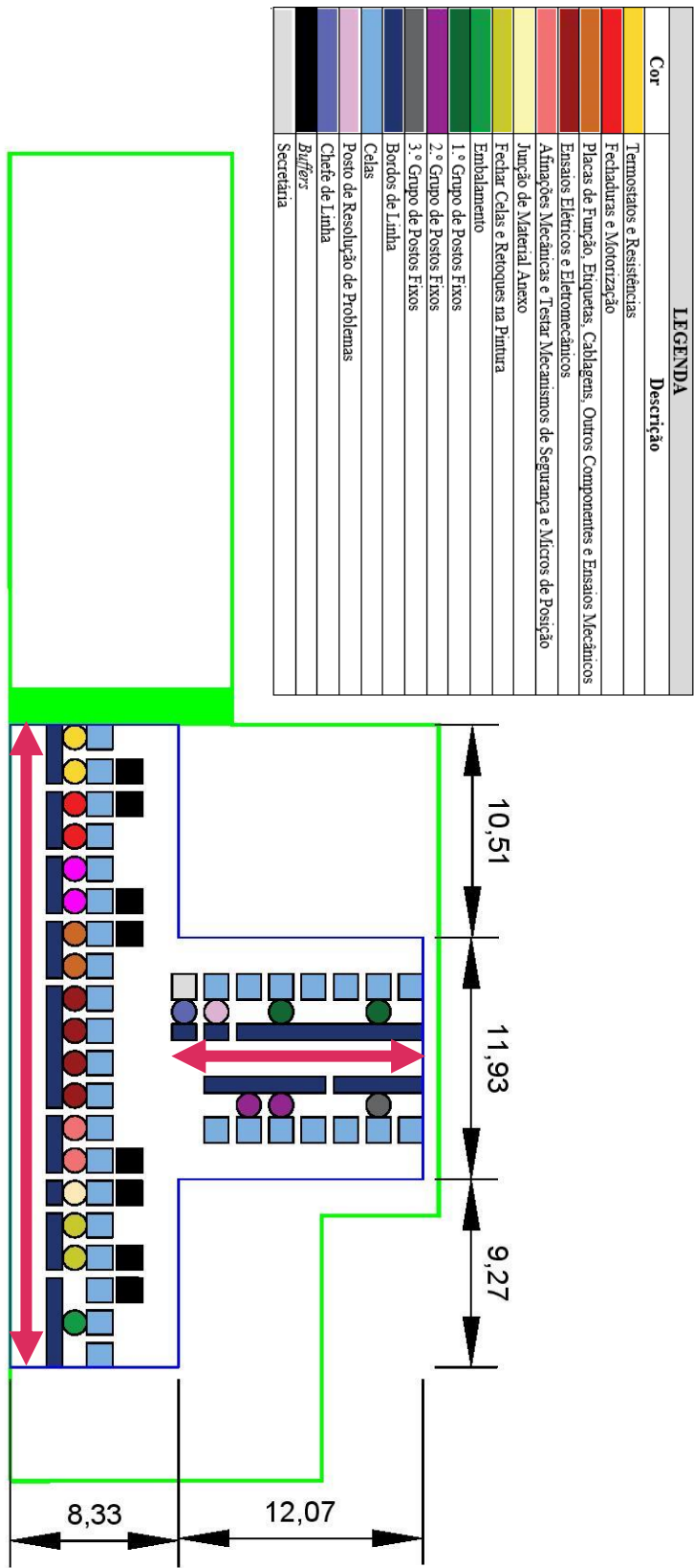


Figura I2 - Layout 2

Layout 3

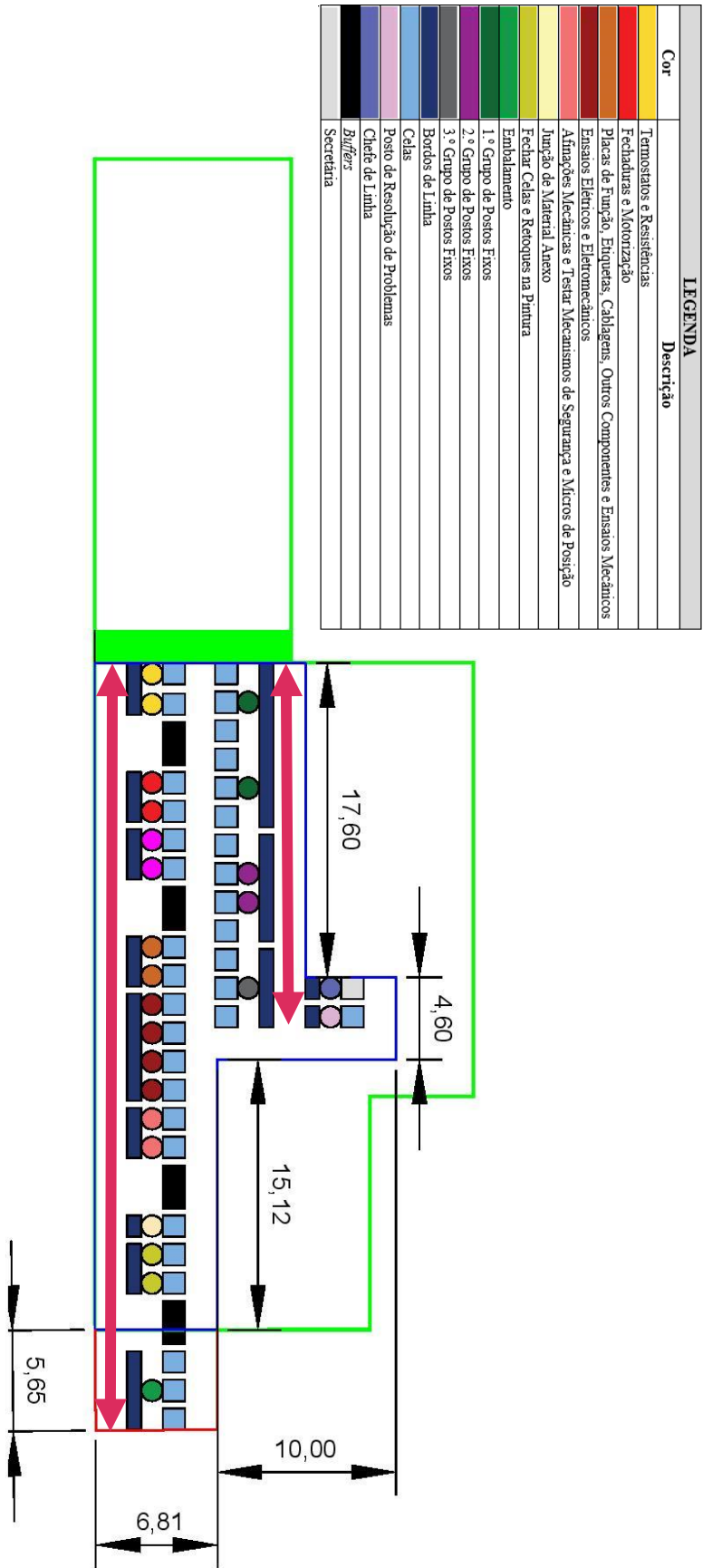


Figura I3 - Layout 3

Layout 4

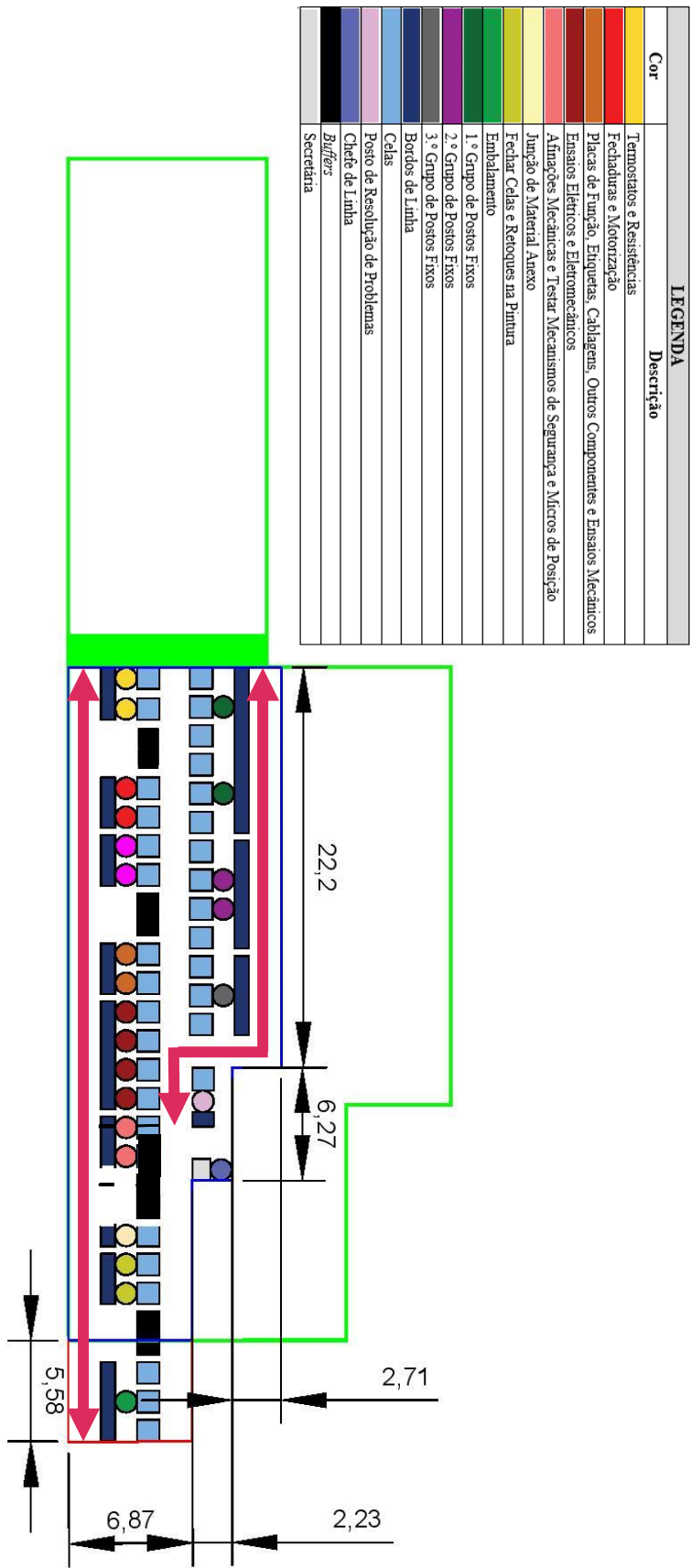


Figura I4 - Layout 4

Layout 5

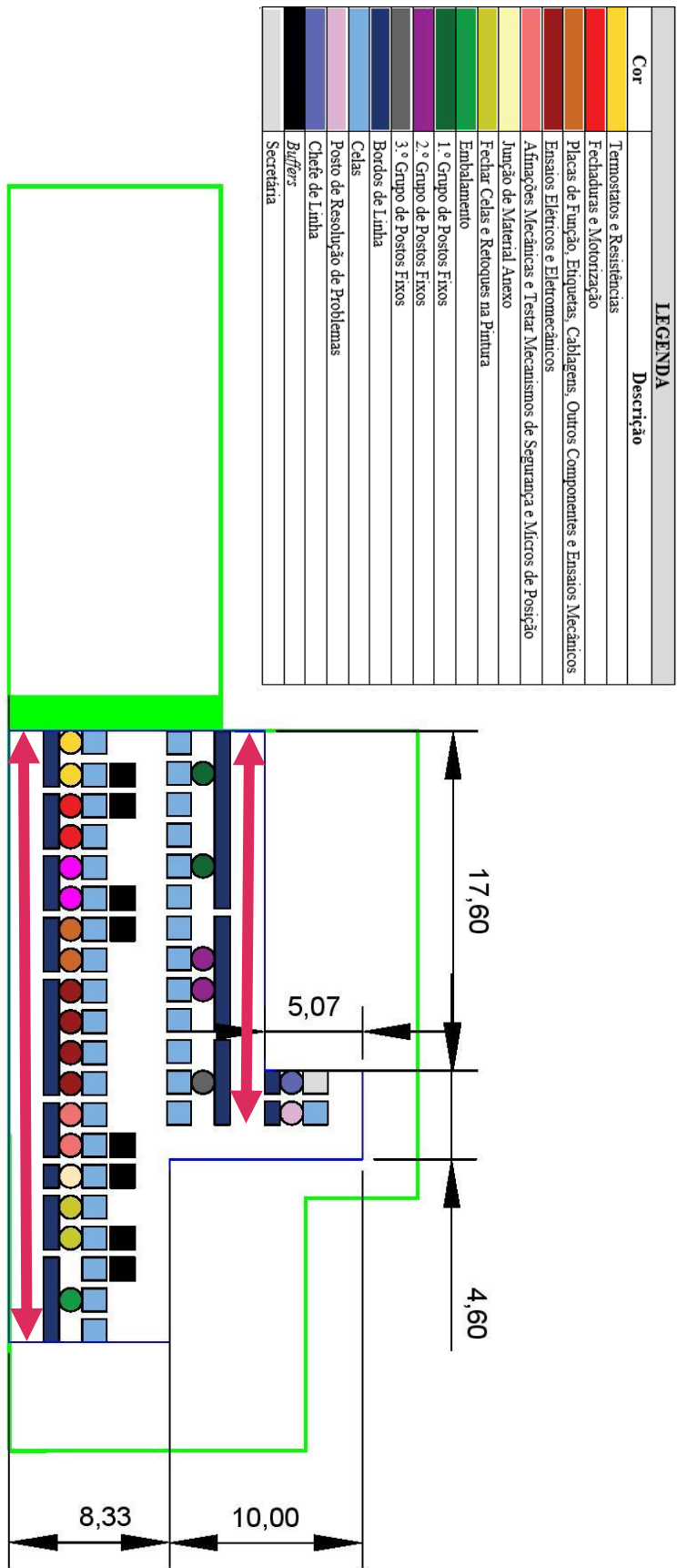


Figura I5 - Layout 5

Layout 6

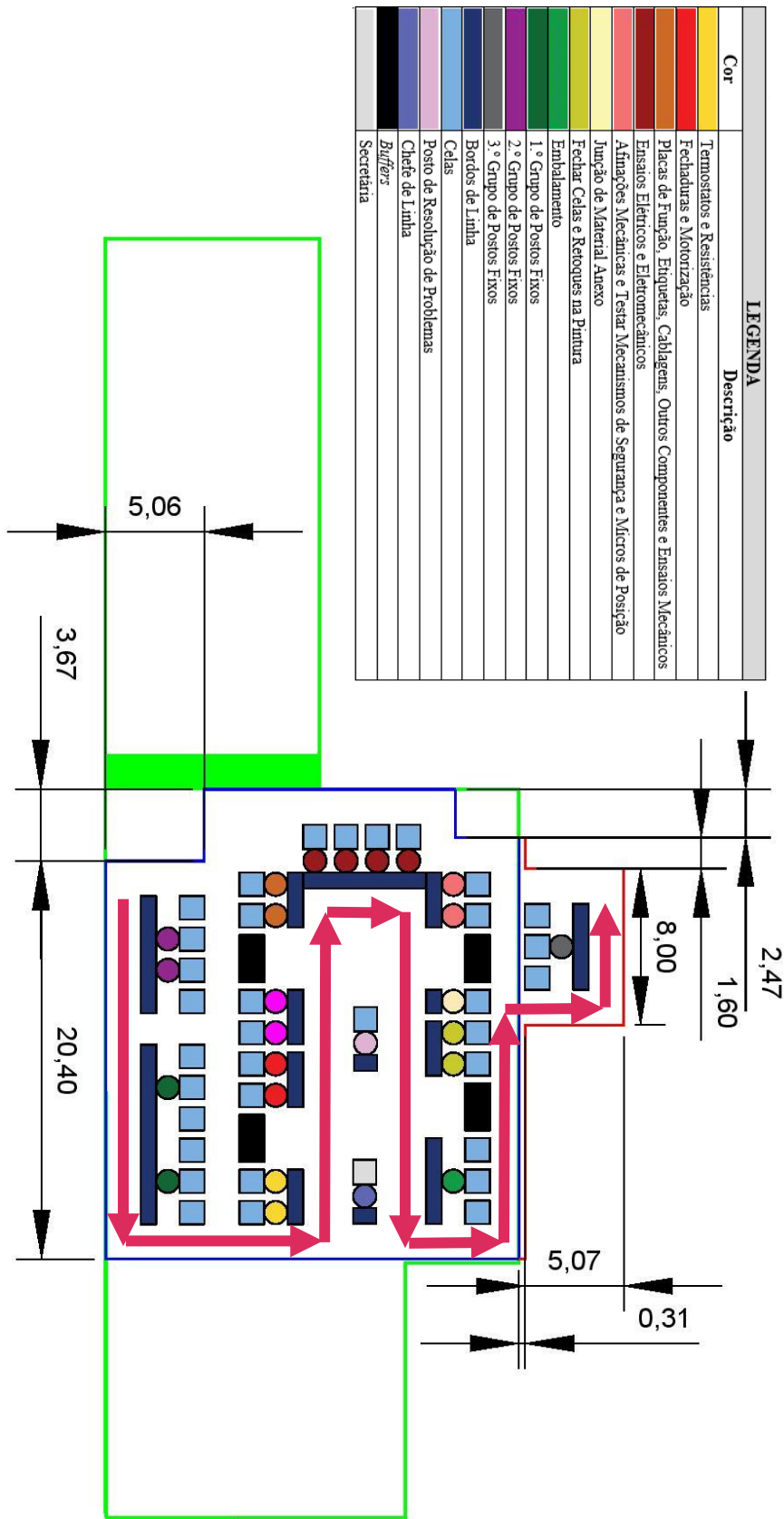


Figura I6 - Layout 6

Movimentação das celas nos *layouts* 1, 3, 4 e 6

1. Situação “normal”:



Figura I7 - Esquema representativo da situação "normal"

As celas encontram-se nos postos de trabalho durante cada *cycle time*.

2. Em x% dos casos, o artigo terá que se deslocar para os postos fixos (o processo é o mesmo para os primeiros 3 *buffers*):

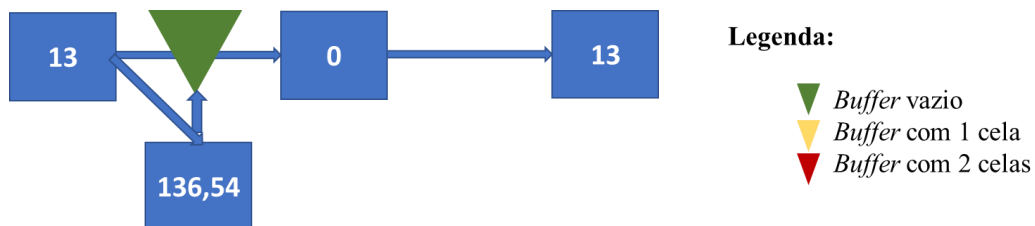


Figura I8 - Esquema representativo da entrada de uma cela num posto fixo

O posto de trabalho a seguir ao *buffer*, irá ficar vazio a 1.^a vez que uma cela sair da linha.

3. Assim que termina um tempo de ciclo (13 min):

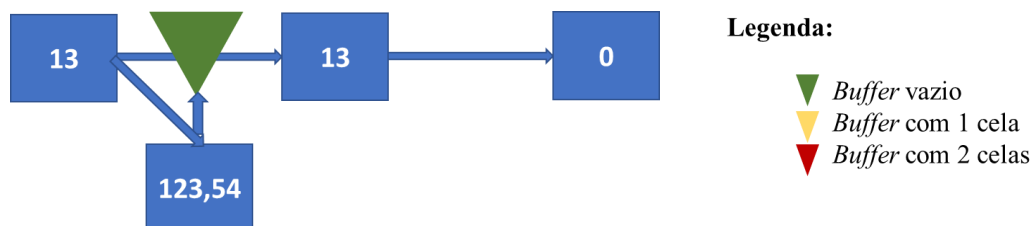


Figura I9 - Esquema representativo da passagem de um tempo de ciclo

A cela que se encontrava no posto de trabalho antes do *buffer* irá passar por este, mas seguirá para o seguinte posto de trabalho da linha seguinte, visto que o *buffer* se encontra totalmente livre. A produção continua de forma normal, até que ocorra uma destas situações:

- A cela da primeira linha entra no *buffer* (4.1);
- A cela que está no posto fixo é terminada e vai para o *buffer* (4.2);
- Ocorrem as das situações anteriores em simultâneo (4.3).

4.

4.1 Situação semelhante à 3.

4.2 A cela do posto fixo fica pronta e entra no *buffer*:

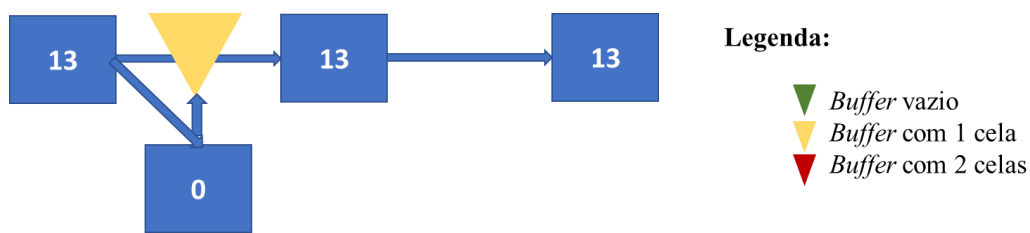


Figura I10 - Esquema representativo da saída de uma cela de um posto fixo

O *buffer* tem espaço para 2 celas, já que a cela da linha e a cela do posto fixo podem, eventualmente, ficar prontas simultaneamente.

Neste caso, o *buffer* está representado a amarelo porque possui uma cela armazenada, sendo que essa mesma cela manter-se-á no *buffer* até que termine o *cycle time* em curso. Atingindo-se o *cycle time*, as celas movimentam-se e, a que chegou em 1.º lugar ao *buffer*, será aquela que irá seguir para o posto da linha de produção seguinte, enquanto que a que chegou em 2.º lugar, ficará alojada no *buffer*, até que a situação se repita. Este sistema permite que exista FIFO (*First-In, First-Out*), evitando aumentar de forma exagerada os *Lead Times* das celas que têm que se desviar das linhas.

4.3 As 2 celas ficam prontas simultaneamente:

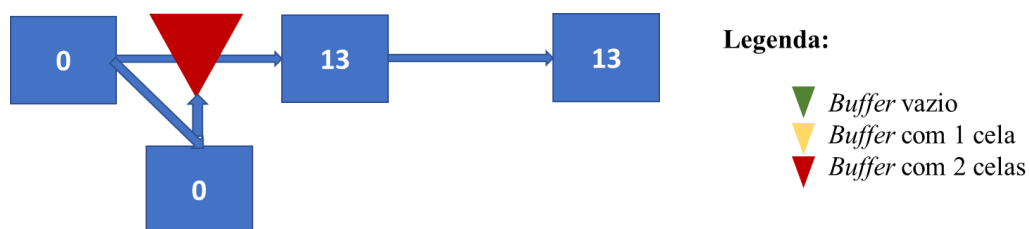


Figura I11 - Esquema representativo da situação momentânea de 2 celas no *buffer*

Esta situação é apenas momentânea, visto que as celas se movimentam todas simultaneamente, e que uma das celas sairá do *buffer* para seguir para a linha seguinte (e voltará a suceder-se a situação 4.2).

Movimentação das celas nos *layouts* 2 e 5

No caso destes *layouts*, o funcionamento dos *buffers* é exatamente o mesmo, existindo a particularidade que as celas terão que sair das linhas para se deslocarem para os *buffers* ou para passarem por eles. Na figura J12, encontra-se representado o fluxo das celas existente nestes casos.

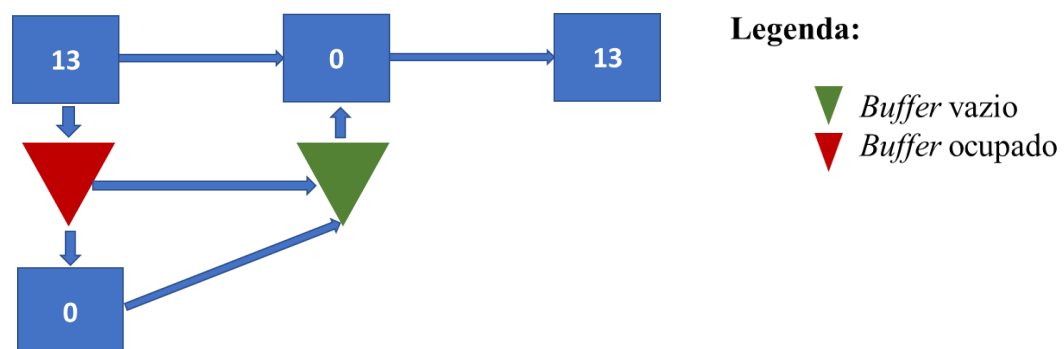


Figura I12 – Esquema representativo do fluxo de celas nos *layouts* 2 e 5

ANEXO J: Bordos de Linha

Tipo de Abastecimento Utilizado

Tabela J1 - Tipo de abastecimento sugerido por banca de trabalho

Banca de Trabalho/Tipo de Abastecimento	<i>Kanbans</i>	<i>Junjo</i>	<i>Kitting</i>
Termostatos, Resistências e Medição de Pressão do SF ₆	X (tinta de celar)		
Fechaduras e Inspeção Visual	X		
Motorizações, Gravação de Chaves e Registo de Números de Série	X		
Placa de Função, Etiquetas, Cablagens, Outros e Ensaio Mecânicos	X		
Ensaio Elétrico e Eletromecânicos	-	-	-
Afinações Mecânicas, Testar Mecanismos de Segurança e Micros de Posição	X (capas para plastificar o relatório de ensaios)	-	-
Material Anexo	X (caixas de cartão, etiquetas de perigo, fita cola, capas de plástico para LMA, parafusos, anilhas, porcas e painéis de extremidade)		X (material anexo da LMA)
Fechar Cella e Retoques Finais	X (fita cola, folhas de aviso, tinta líquida, tinta <i>spray</i> , etiquetas de perigo, etiquetas de controle, fitas para prender chaves)		
Embalamento	X (filme de plástico, sacos de plástico, plástico base, plástico com bolhas de ar, recargas de agramos, sacos anti humidade, fita cola, madeira para as grades, tinta <i>spray</i>)		
1.º Grupo de Postos Fixos	X		
2.º Grupo de Postos Fixos		X	
3.º Grupo de Postos Fixos	-	-	-

Ferramentas e Equipamentos

Tabela J2 - Ferramentas e equipamentos necessários em cada banca de trabalho

Banca de Trabalho	Ferramentas / Equipamentos Necessários
Termostatos e Resistências e Medição de Pressão do SF ₆	Alicate de rebites
	Máquina de rebites cego
	Máquina de cravar porcas
	Roquete de caixa 10
	Aparafusadora pneumática de impacto
	Manómetro para medir a pressão
	Chave de abertura da tampa da válvula do ISF
	Tinta de celar e arame para lacrar a tampa do ISF
	Pano de limpeza
	Alicate de ponteiros
	Alicate de corte
	Chave de bornes
	Chave porta-pontas com ponteira hexagonal
	Chave de bocas especial
Fechaduras, Gravação de Chaves e Registo de Números de Série	Chave de roquete
	Barra para confirmar distância entre seccionador terra e isoladores
	Alavanca
	Chave de bornes
Motorizações	Numerário
	Abecedário
	Martelo
Placa de Função, Etiquetas, Cablagens, Outros e Ensaio Mecânicos	Alonga (as chaves de caixa encaixam nela)
	Chave 10 de caixa hexagonal
	Chave 13 de caixa hexagonal
	Chave 17 de caixa hexagonal
	Chave de fendas
	X-ato
	Máquina de rebites cego
	Chave de bocas 13
	Alavanca
	Banca de tensão auxiliar para ensaios elétricos de baixa tensão
Ensaio Elétricos e Eletromecânicos	Simulador de fusível (para as celas CIS)
	Alavanca
Afinações Mecânicas, Testar Mecanismos de Segurança e Micros de Posição	Chave de bocas
	Alavanca
	Alicate universal
	Chave de fendas
	Impressora (para imprimir o relatório de ensaios)
Material Anexo	Chave de roquete
	Caneta
	Tablet/telemóvel para tirar fotografias
	Chave de fendas
	Aparafusadora pneumática de impacto
	Impressora (para imprimir a LMA e as etiquetas)
Fechar Cella e Retoques Finais	Material de pintura
	Placa para alinhar as etiquetas de perigo
	Tablet/telemóvel para tirar fotografias

Tabela J3 - Ferramentas e equipamentos necessários em cada banca de trabalho (continuação)

Banca de Trabalho	Ferramentas / Equipamentos Necessários
Embalamento	Kit para cintar: rolo de fita e máquina para ajustar fita
	Ponte móvel (para mudar a base das celas)
	Agravadora pneumática
	Kit para soldar o plástico: máscara, luvas, garrafa de gás e maçarico
	Kit pintura madeira: pano para limpar, placas com letras/símbolos, tinta spray
	Tablet/telemóvel para tirar fotografias
	Impressora (para imprimir a guia de transporte)
1.º Grupo de Postos Fixos	Chave de Roquete
	Chave porta-pontas com ponteira hexagonal
	Alicate de pontas curvas
	Chave macho angular hexagonal
	Chave 10×13 de luneta de roquete
	Chave de bocas 10×13
	Chave de caixa hexagonal 3/8 + alonga 3/8 de 150 mm
2.º Grupo de Postos Fixos	junjo
3.º Grupo de Postos Fixos	Fio metálico para ligar as celas
	Varetas para simulação de fusíveis
	Fitas para assinalar zona de perigo
	Luvas
	Aparelho de rigidez dielétrica
	Multímetro
	Transformador de corrente
	Pinça amperimétrica

Na Figura J1, apresenta-se uma fotografia de um dos suportes de ferramentas utilizados na linha *One Piece Flow* já existente na empresa. Esta poderá também ser uma boa opção para a disposição das ferramentas nos postos de trabalho do novo sistema de montagem.



Figura J1 - Sugestão para suporte de ferramentas

Estantes

Nas Figuras J2 e J3, apresentam-se fotografias de 2 dos tipos de estantes utilizadas na linha de montagem *One Piece Flow* já existente na Efaced AMT, estas são estantes dinâmicas, pois os componentes aí dispostos vão-se aproximando do operador pela força da gravidade, e possuem a particularidade de ser possível instalar um sistema de recolha de caixas (perto da zona do chão). Estas representam uma ótima escolha para os bordos de linha dos artigos que não sejam muito pesados, tanto para o abastecimento por *kanbans* como para o abastecimento por *junjo* ou *kitting*. A estante da Figura J3, possui ainda a vantagem de possuir rodas, permitindo assim, tal como os AGVs, uma flexibilidade e adaptabilidade total do sistema de montagem às necessidades que surgirem ao longo do tempo.



Figura J2 - Sugestão de estante 1



Figura J3 - Sugestão de estante 2

Fluxo de Informação

Tabela J4 - Levantamento de documentação necessárias nas bancas de trabalho

Banca de Trabalho	Documentos para Consulta	Documentos para Preencher/Assinar/Imprimir
Termostatos, Resistências e Medição de Pressão do SF ₆	Esquemas de montagem, eletrificação e documento indicativo da pressão do SF ₆	Relatório de ensaios
Fechaduras, Gravação de Chaves e Registo de Números de Série	Esquemas de montagem, eletrificação	Documento com números de série, Plano de encravamentos
Motorizações	Esquemas de montagem, eletrificação	Relatório de ensaios
Placa de Função, Etiquetas, Cablagens, Outros e Ensaios Mecânicos	Esquemas de montagem, eletrificação, documentos específicos do projeto	Relatório de ensaios
Ensaios Elétricos e Eletromecânicos	Esquemas de montagem, eletrificação, documentos específicos do projeto	Relatório de ensaios
Afinações Mecânicas, Testar Mecanismos de Segurança e Micros de Posição	Esquemas de montagem, eletrificação, documentos específicos do projeto	Relatório de Ensaios, plano conjunto de implantação
Material Anexo	LMA	Relatório de ensaios, etiquetas para material anexo, LMA, carregar fotografias tiradas no sistema informático
Fechar Cela e Retoques Finais	-	Carregar fotografias tiradas no sistema informático
Embalamento	Informação sobre tipo de embalagem	Guia de transporte, carregar fotografias tiradas no sistema informático
1.º Grupo de Postos Fixos	Esquemas de montagem, eletrificação, documentos específicos do projeto	-
2.º Grupo de Postos Fixos	Esquemas de montagem, eletrificação, documentos específicos do projeto	-
3.º Grupo de Postos Fixos	Esquemas de montagem, eletrificação, documentos específicos do projeto, indicação se existem ensaios em fábrica ou não	Relatório de ensaios

ANEXO K: Matrizes de Flexibilidade e Atribuição de Tarefas

Tabela K1 - Matriz de flexibilidade atual para as operações de montagem do Normafix 24














































































































































Matriz de Flexibilidade	 Não habilitado	 Em formação	 Não autônomo	 Habilitado	 Especialista			
Operações de Montagem Normafix 24	Nome do Operador							
	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Operador 5	Operador 6	Operador 7	Operador 8
ISFs								
Resistências								
Termostatos								
Disjuntores								
Barramentos + Defletores								
Monitorização								
Encravamentos/ Fechaduras								
Etiquetas (placas de função)								
Afinações								
Isoladores								
Suportes (para resistências, termostatos e transformadores)								
TTs								
TIs								
Coletor Terra								
Fusíveis								
Bobines								
CBTs								

Tabela K2 - Matriz de flexibilidade atual para as operações de montagem do Normafix 36

Matriz de Flexibilidade	⊕ Não habilitado	🏗 Em formação	🚫 Não autónomo	🟢 Habilitado	🔴 Especialista
Operações de Montagem Normafix 36	Nome do Operador				
	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Operador 8
ISFs	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗
Resistências	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗
Termostatos	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗
Disjuntores	🔴	🏗	🔴	🏗	⊕
Barramentos + Defletores	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗
Motorização	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗
Encravamentos	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗
Etiquetas (placas de função)	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗
Afinações	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗
Isoladores	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗
Suportes (para resistências, termostatos e transformadores)	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗
TTs	🔴	🏗	🔴	🏗	⊕
TIs	🔴	🏗	🔴	🏗	⊕
Coletor Terra	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗
Fusíveis	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗
Bobines	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗
CBTs	🔴	🏗	🔴	🏗	🏗

Tabela K3 - Matriz de flexibilidade atual para as operações de eletrificação do Normafix 24 e 36

Matriz de Flexibilidade	⊕ Não habilitado	🏗 Em formação	🚫 Não autónomo	🟢 Habilitado	🔴 Especialista
Operações de Eletrificação Normafix 24 e 36	Nome do Operador				
	Operador 9	Operador 10	Operador 11	Operador 8	
Motorização	🔴	🔴	🔴	🔴	
Resistências	🔴	🔴	🔴	🔴	
Termostatos	🔴	🔴	🔴	🔴	
Disjuntores	🔴	🔴	🔴	🔴	
Isoladores+ vigias	🔴	🔴	🔴	🔴	
TTs	🔴	🔴	🔴	🔴	
TIs	🔴	🔴	🔴	🔴	
CBTs	🔴	🔴	🔴	⊕	
Relés	🔴	🔴	🔴	🔴	

Tabela K4 - Matriz de flexibilidade atual para os ensaios do Normafix 24 e 36

Matriz de Flexibilidade	Não habilitado	Em formação	Não autônomo	Habilitado	Especialista								
Tipos de Ensaios Normafix 24 e 36	Nome do Operador												
	Operador 12	Operador 13	Operador 14	Operador 15	Operador 16	Operador 17	Operador 18	Operador 19	Operador 20	Operador 21	Operador 22	Operador 23	Operador 24
Verificação Visual													
Encravamentos mecânicos													
Ensaios elétricos													
Ensaios eletromecânicos													
Afinações mecânicas													
Mecanismos de segurança													
Testar micros de posição													
Ensaios circuitos de tensão													
Ensaios circuitos de corrente													
Ensaios dielétricos (MT)													
Ensaios FAT													
Montagem Capôs													
Relatório de Ensaios													

Tabela K5 - Atribuição de tarefas para o novo sistema de montagem

Colaboradores da Produção – Linha 1, 2 e 3	Colaboradores da Produção – 1.º e 2.º Grupos de Postos Fixos	Especialistas Ensaios – 3.º Grupo de Postos Fixos e Banca de Resolução de Problemas	Colaboradores dos Ensaios – Linha 3	Colaboradores Logística Externa – Linha 4 e Banca Embalamento
Operador 1	Operador 8	Operador 12	Operador 14	Subcontratado 1
Operador 2	Operador 9	Operador 13	Operador 15	Subcontratado 2
Operador 3	Operador 10	-	Operador 16	Subcontratado 3
Operador 4	Operador 11	-	Operador 17	Subcontratado 4
Operador 5	-	-	Operador 18	-
Operador 6	-	-	Operador 19	-
Operador 7	-	-	-	-
Novo 1	-	-	-	-

Tabela K6 – Matriz de flexibilidade 2021 para a montagem do Normafix 24 e 36


















































































































































































































Matriz de Flexibilidade	 Não habilitado	 Em formação	 Não autônomo	 Habilitado	 Especialista							
Operações de Montagem Normafix 24 e 36	Nome do Operador											
	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Operador 5	Operador 6	Operador 7	Operador 8	Operador 9	Operador 10	Operador 11	Novo 1
ISFs												
Resistências												
Termostatos												
Disjuntores												
Barramentos + Defletores												
Monitorização												
Encravamentos / Fechaduras												
Etiquetas (placas de função)												
Afinações												
Isoladores												
Suportes (para resistências, termostatos e transformadores)												
TTs												
TIs												
Coletor Terra												
Fusíveis												
Bobines												
CBTs												

Tabela K7 - Matriz de flexibilidade 2021 para a eletrificação do Normafix 24 e 36

















































































































Matriz de Flexibilidade	 Não habilitado	 Em formação	 Não autónomo	 Habilitado	 Especialista							
Operações de Eletrificação Normafix 24 e 36	Nome do Operador											
	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Operador 5	Operador 6	Operador 7	Operador 8	Operador 9	Operador 10	Operador 11	Novo 1
Motorização												
Resistências												
Termostatos												
DIVAC												
Isoladores+ vigias												
TTs												
TIs												
CBTs												
Relés												

Tabela K8 - Matriz de flexibilidade 2021 para os ensaios do Normafix 24 e 36

Matriz de Flexibilidade	Não habilitado	Em formação	Não autônomo	Habilitado	Especialista			
Tipos de Ensaios Normafix 24 e 36	Nome do Operador							
	Operador 12	Operador 13	Operador 14	Operador 15	Operador 16	Operador 17	Operador 18	Operador 19
Medição SF ₆								
Verificação Visual								
Encravamentos mecânicos								
Ensaio elétrico								
Ensaio eletromecânicos								
Afinações mecânicas								
Mecanismos de segurança								
Testar micros de posição								
Ensaio circuitos de tensão								
Ensaio circuitos de corrente								
Ensaio dielétricos (MT)								
Ensaio FAT								
Montagem Capôs								
Relatório de Ensaios								

Tabela K9 - Matriz de flexibilidade 2021 para os ensaios do Normafix 24 e 36 (continuação)

Matriz de Flexibilidade	Não habilitado	Em formação	Não autônomo	Habilitado	Especialista							
Tipos de Ensaios Normafix 24 e 36	Nome do Operador											
	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Operador 5	Operador 6	Operador 7	Operador 8	Operador 9	Operador 10	Operador 11	Novo 1
	Medição SF ₆											
	Verificação Visual											
	Encravamentos mecânicos											
	Ensaio elétricos											
	Ensaio eletromecânicos											
	Afinações mecânicas											
	Mecanismos de segurança											
	Testar micros de posição											
	Ensaio circuitos de tensão											
	Ensaio circuitos de corrente											
	Ensaio dielétricos (MT)											
Ensaio FAT												
Montagem Capôs												
Relatório de Ensaios												

ANEXO L: *Mudas*

Mudas Identificados

Tabela L1 - *Mudas* identificados nas diferentes macro fases do processo Normafix

Receção de Materiais	Distribuição de Materiais	Produção	Ensaio	Expedição
<p>1. Mau funcionamento dos PDAs (<i>Personal Digital Assintants</i>), o que leva à execução da receção informática do material manualmente;</p> <p>2. Alguns fornecedores enviam os seus produtos sem identificação, logo é necessário identificá-los à chegada;</p> <p>3. Existência de picos de chegada dos fornecedores ao longo do dia.</p>	<p>1. Carrinho usado para o abastecimento dos armazéns de linha é demasiado largo e possui prateleiras demasiado altas (dificuldades em passar nos corredores, em rodar e problemas ergonómicos associados ao transporte de cargas mais pesadas);</p> <p>2. Rota <i>mizusumashi</i> constantemente desviada pois os corredores encontram-se impedidos com celas;</p> <p>3. Rota <i>mizusumashi</i> frequentemente alterada de forma a evitar descarregar em primeiro lugar artigos que se encontram na “base da pirâmide”;</p> <p>4. Existem vários artigos parecidos na mesma localização em “Aquiles”, o que se pode tornar bastante confuso e resultar em trocas acidentais de material;</p> <p>5. Existem muitos artigos sem localização atribuída no sistema “Aquiles”, o que obriga o operador a guardar os materiais e atribuir localizações manualmente;</p> <p>6. O operador responsável pelo reabastecimento dos armazéns de linha, começa por imprimir a lista de materiais a distribuir, tendo que manipular e alterar o ficheiro de Excel disponível, adequando-o às suas necessidades.</p>	<p>1. Falta de componentes, resulta em celas paradas;</p> <p>2. Acontece com alguma frequência celas prontas a serem expedidas, ficam meses à espera de que o cliente efetue o pagamento da mesma. Por vezes estas celas chegam mesmo a ser desmontadas e reaproveitadas para outros projetos. Em algumas situações urgentes, também acontece recorrer-se a componentes já incorporados em celas prontas, para dar resposta à falta de componentes.</p>	<p>1. Montagem da área de ensaios e movimentações necessárias para ir buscar o equipamento necessário;</p> <p>2. É executada uma lista de pendentes, isto é, de tarefas a realizar pela produção (afinações mecânicas, gravar chaves, etc), o que aumenta bastante os <i>Lead Times</i> das celas.</p>	<p>1. LMAs desatualizadas, implica a correção das mesmas;</p> <p>2. Passagem de informação e documentação pessoalmente, o que implica muitas movimentações desnecessárias;</p> <p>3. Existência de picos de trabalho para a equipa de expedição e falta de planeamento operacional ao longo do dia (algum material é armazenado nas estantes de produto final, tendo de ser expedido no próprio dia);</p> <p>4. Degradação das madeiras armazenadas ao ar livre (e possíveis problemas de segurança associados);</p> <p>5. Docas são também utilizadas como armazém de produto final, o que implica o transporte desnecessário de celas quando se deseja utilizar esse mesmo local para a expedição;</p> <p>6. Subaproveitamento das docas devido à falta de espaço para os camiões ou contentores conseguirem entrar com a sua parte traseira nas mesmas.</p>

Soluções para Eliminar *Mudas*

Tabela L2 - Propostas para eliminação dos *Mudas* identificados na Tabela L1

Receção de Materiais	Distribuição de Materiais	Produção	Ensaio	Expedição
<p>1. Substituição dos PDAs por versões mais recentes, mudança de tecnologia utilizada, melhoria na rede <i>wireless</i> na fábrica;</p> <p>2. Exigir aos fornecedores que todos os seus produtos venham previamente identificados;</p> <p>3. Criação de janelas temporais para a receção de material.</p>	<p>1. Substituição do carrinho utilizado por outro com as características adequadas;</p> <p>2. A diminuição de WIP conseguida pela nova linha, deve ajudar na resolução deste problema, já que libertará espaço que poderá ser usado para novos produtos;</p> <p>3. Materiais distintos não deverão ser empilhados uns em cima dos outros;</p> <p>4. Os espaços dedicados a cada localização, deveriam também eles ser constantemente adequados às necessidades;</p> <p>5. A localização dos artigos deverá ser sempre realizada automaticamente pelo sistema informático, consoante as localizações disponíveis;</p> <p>6. Criação de uma macro que formata automaticamente o ficheiro de Excel quando este é descarregado pelo trabalhador.</p>	<p>1. Sequenciadores (subcapítulo 4.7);</p> <p>2. Sequenciadores e a criação de uma nova regra: Uma ordem de fabrico só deve ser lançada quando o cliente efetuar o pagamento de uma percentagem acordada do custo da sua encomenda.</p>	<p>1. A inclusão dos ensaios em postos de trabalho na linha 3, diminuirá significativamente este problema;</p> <p>2. Criação da banca de resolução de problemas para casos mais extremos e formação aos colaboradores dos ensaios para serem capazes de resolver aqueles que forem mais simples no próprio posto de trabalho, caso seja possível fazê-lo dentro do tempo de ciclo.</p>	<p>1. Pressionar a equipa de engenharia para solucionar este problema e manter as LMAs atualizadas;</p> <p>2. Instalação de impressoras e <i>tablets</i> nos postos de trabalho nos quais são necessários, instalação de um sistema de código de barras para auxiliar a passagem da informação relativa às celas embaladas e expedidas ao coordenador da logística externa;</p> <p>3. Criação de janelas temporais para a expedição, de forma a gerir o espaço físico da empresa de uma forma planeada e ponderada;</p> <p>4. Este problema só existe devido às faltas de material (a madeira é encomendada quando uma ordem de fabrico é lançada), assim, os sequenciadores deverão resolver o problema;</p> <p>5. A diminuição da área fabril utilizada e o WIP, resolverão este problema;</p> <p>6. Este <i>muda</i> só poderá ser eliminado caso se realizem obras nas instalações.</p>